

**Methodik für einen digitalen Verbesserungsprozess  
im betrieblichen KVP – Entwicklung und  
problemorientierte Validierung**

Vom Fachbereich Maschinenbau  
an der Technischen Universität Darmstadt

zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs  
(Dr.-Ing.)

genehmigte

D i s s e r t a t i o n

vorgelegt von

**Jens Hambach, M. Sc.**

aus Bonn-Duisdorf

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder
Tag der Einreichung:	15. April 2019
Tag der mündlichen Prüfung:	09. Juli 2019

Darmstadt 2019

D17

Verfügbar unter CC-BY-NC-ND 4.0 International - Creative Commons,  
Namensnennung, nicht kommerziell, keine Bearbeitung:  
<https://creativecommons.org/licenses>

## **Vorwort des Herausgebers**

Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) – japanisch auch KAIZEN genannt – hat seine Ursprünge in der Qualitätsbewegung der 1950er Jahre und wurde von dem Amerikaner W. E. DEMING in Japan entwickelt. Vor allem TOYOTA lebte die KVP-Philosophie sehr erfolgreich vor, sodass der KVP in den 1990er Jahren besonders in der deutschen Automobilindustrie in Fertigung und Montage eingeführt wurde.

Seitdem hat sich sein Einsatz in viele Arbeits- und Wirtschaftsbereiche verbreitet mit dem Ziel, eine Kultur der ständigen Prozessverbesserung zu verankern, die Mitarbeiterfähigkeiten für Verbesserungsprozesse systematisch einzusetzen und die Mitarbeiter selber weiterzuentwickeln. So gibt es heute in vielen Unternehmen KVP-Teams, die sich regelmäßig treffen, um die Gründe für Abweichungen zu analysieren, Ursachen zu finden, Problemlösungen zu definieren und die Umsetzung von Maßnahmen einzuleiten und zu verfolgen. Die fortschreitende Digitalisierung vieler Prozesse stellt hierfür immer mehr Daten aus dem Wertschöpfungsprozess bereit. Gleichzeitig schaffen Schnittstellen und Endgeräte neue Möglichkeiten der Interaktion zwischen Produktionsprozess und KVP-Team, aber auch zur Organisation des KVP-Prozesses selber.

Hier greift die vorliegende Arbeit an, indem sie den KVP-Prozess methodisch nach Phasen und Teilnehmern analysiert und die Potentiale durch den Einsatz digitaler Lösungen herausarbeitet. Die anschließende Entwicklung der digitalen KVP-Methodik orientiert sich an dem menschenzentrierten Entwicklungsansatz nach DIN EN ISO 9241-210. Die Anforderungen an die Methodik werden zuvor auf der Basis von Expertenbewertungen durch einen Knapsack-Ansatz priorisiert und in einem Prototyp umgesetzt. Dieser wird schließlich in ein funktionsfähiges, digitales KVP-Board übertragen, das mehrfach iterativ verbessert und in der Prozesslernfabrik CIP validiert wird. Dabei zeigt sich, dass die neue digitale KVP-Methodik die an sie gestellten Anforderungen bezüglich Anwendbarkeit erfüllt und zu einer signifikanten Verbesserung des KVP beitragen kann.

Darmstadt, im September 2019

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich



## **Vorwort des Autors**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am INSTITUT FÜR PRODUKTIONSMANAGEMENT, TECHNOLOGIE UND WERKZEUGMASCHINEN der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT DARMSTADT.

Forschungsergebnisse entstehen vor allem aus der Diskussion von Ideen und dem gegenseitigen Austausch. Diese Arbeit bildet dabei keine Ausnahme und daher möchte ich mich bei allen Personen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, in aller Form bedanken. Dies gilt zunächst für meinen Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich für die wissenschaftliche Betreuung und die vielen Diskussionen und Anregungen hierzu. Besonders die eingeräumten Freiheiten und die Unterstützung während meiner Institutszeit habe ich sehr geschätzt. Prof. Dr.-Ing. Ralf Bruder danke ich für die Übernahme des Koreferats; ihm und Dr. phil. Christina König danke ich außerdem für die hilfreichen Anregungen im Bereich der Arbeitswissenschaft.

Den verschiedenen Akteurinnen und Akteuren aus der industriellen Praxis danke ich für ihre Zeit und Interesse an meinem Forschungsthema mitzuwirken, um meine Arbeit mit entsprechenden empirischen Daten zu stützen.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am PTW für die großartige Zeit, die ich am Institut hatte, bedanken. Dies gilt besonders für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Sekretariate, des Supports, der IT und der Werkstatt, die mir in vielen Belangen den Rücken freigehalten haben.

Mein größter Dank gilt schließlich dem Team der Prozesslernfabrik CiP für den tollen Zusammenhalt und dem Engagement in der täglichen Arbeit. Insbesondere danke ich meinen (ehemaligen) Raumnachbarinnen und -nachbarn aus Büro 231 und 233 für den tollen Austausch und die vielen spannenden Diskussionen. Dabei muss ich mich vor allem bei Dr.-Ing. Christian Hertle, Alyssa Meißner, Marvin Müller und meinem Bruder Dennis Hambach für das sehr kenntnisreiche und detaillierte Korrekturlesen meiner Arbeit bedanken.

Eine besondere Rolle nehmen meine ehemaligen Studierenden ein, die durch ihre Arbeit wertvolle Elemente dieser Arbeit erschlossen haben; besonders Jan Heimer, Dae Hong Min, Fabius Jäger und Killian Kümmel haben mich hier sehr unterstützt.

Mein abschließender Dank gilt meinen Freunden, meinen Eltern und meiner Familie, die in den letzten Jahren oftmals auf mich verzichten mussten, mich in meinen Entscheidungen aber immer bestärkt und unterstützt haben. Ihr habt einen tollen Job gemacht!



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung und Motivation .....	1
1.2	Forschungsfragen und Lösungsansatz der Arbeit.....	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Stand der Forschung .....</b>	<b>7</b>
2.1	Die schlanke Produktion.....	7
2.2	Verbesserungsprozesse in der Produktion.....	8
2.3	Der kontinuierliche Verbesserungsprozess .....	10
2.3.1	Dimensionen und Erfolgsfaktoren von Verbesserungsprozessen .....	11
2.3.2	Elemente und Routinen .....	24
2.3.3	Einführung und Erhalt des KVP.....	33
2.3.4	Zusammenfassung .....	35
2.4	Herausforderungen in bestehenden KVP Systemen.....	38
2.4.1	Beschreibung .....	39
2.4.2	Zusammenfassung .....	43
2.5	Digitale Unterstützung in der Produktion.....	43
2.5.1	Bestehende IT-Konzepte für die Produktion.....	44
2.5.2	IT-basierte Lösungen für den möglichen Einsatz im KVP .....	47
2.5.3	Zusammenfassung .....	53
2.6	Aktuelle Ansätze zur Digitalisierung des KVP .....	54
2.6.1	Forschungsansätze.....	54
2.6.2	Softwarelösungen .....	55
2.7	Entwicklungsprozessmodelle .....	58
2.7.1	Übersicht .....	58
2.7.2	Ausgewählte Elemente von Entwicklungsprozessmodellen .....	60
2.8	Fazit und Handlungsbedarf.....	64
<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Forschungskonzeption.....</b>	<b>67</b>
3.1	Zielsetzung und Hypothesen .....	67
3.2	Forschungskonzeption .....	68
<b>4</b>	<b>Menschzentrierte Entwicklung der digitalen KVP-Methodik.....</b>	<b>69</b>
4.1	Konkretisierung der menschzentrierten Entwicklung .....	69
4.2	Verstehen und Festlegen des Nutzungskontextes der Einsatzumgebung.....	71
4.2.1	Mensch und Organisation.....	71
4.2.2	Technik.....	73
4.3	Festlegen der Nutzungsanforderungen .....	75

4.3.1	Erfassung von Anforderungen.....	77
4.3.2	Erfassung des Implementierungsaufwands .....	78
4.3.3	Knapsack-Optimierung der Anforderungen und Aufwände .....	79
4.3.4	Erstellung eines Lastenhefts .....	81
4.4	Erarbeitung und Verifikation der Gestaltungslösung .....	85
4.4.1	Entwicklung eines Gestaltungsmodells.....	85
4.4.2	Übertragung des Gestaltungsmodells in einen Prototypen.....	92
4.4.3	Durchführung von Nutzerstudien mit dem Prototypen .....	94
4.4.4	Übertragung des Prototypen in das digitale KVP-Board .....	96
4.4.5	Durchführung von Nutzerstudien mit dem digitalen KVP-Board.....	103
4.5	Fazit der Entwicklung der Methodik und Pflichtenheft .....	105
<b>5</b>	<b>Evaluierung und Validierung des digitalen KVP-Boards.....</b>	<b>107</b>
5.1	Vorbereitung.....	109
5.1.1	Problemtransformation.....	109
5.1.2	Erstellung der Handlungsaufgabe .....	110
5.1.3	Auswahl der Messinstrumente .....	112
5.2	Durchführung.....	117
5.2.1	Erprobung der Aufgabe und Instrumente.....	117
5.2.2	Handlungsbeobachtung und Testdurchführung.....	117
5.3	Auswertung.....	118
5.3.1	H1: Evaluierung der Usability.....	118
5.3.2	H2: Lösung der KVP-Probleme .....	119
5.3.3	H3: Vorerfahrung der Teilnehmenden .....	123
5.4	Fazit der Evaluierung und Validierung .....	124
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>127</b>
6.1	Zusammenfassung .....	127
6.2	Ausblick.....	130
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>A</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>153</b>
A.1	Übersicht über die Teilhypothesen von H2 .....	153
A.2	Bewertungsmatrix für die Delphi-Studie.....	155
A.3	Bewertungsmatrix für die Breitband-Delphi-Bewertung .....	156
A.4	Finale Auswahlmatrix für das PCKP.....	157
A.5	Weitere Teilprozesse der KVP-Methodik .....	158
A.6	Handlungsleitfäden für die Nutzerstudie mit dem Prototypen .....	159
A.7	Dokumentationsvorlage für die Nutzerstudie mit dem Prototypen .....	161



A.8 Zugangsdaten und Verwendung des KVP-Boards .....	165
A.9 Handlungsleitfäden für die Nutzerstudie mit dem KVP-Board.....	166
A.10 Ergebnisse der Nutzstudien mit dem Prototyp und digitalen KVP-Board ...	170
A.11 Finales Pflichtenheft für das digitale KVP-Board.....	173
A.12 Usability-Fragebogen für H1 .....	176
A.13 Problemtransformationstabelle für H2 .....	177
A.14 Wissenstest für das KVP-Lernmodul .....	178
A.15 Fragebogen für die theoretische Potentialbefragung .....	182



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die drei Stoßrichtungen von Industrie 4.0 für die Produktion .....	2
Abb. 2: Gewählte Forschungskonzeption.....	4
Abb. 3: Aufbau der Arbeit nach der Strategie der angewandten Forschung.....	5
Abb. 4: Historische Entwicklung von Verbesserungssystemen .....	9
Abb. 5: Idealisierter und realer Ablauf einer Innovation (a) und Zusammenwirken von Innovation und KVP (b).....	10
Abb. 6: Morphologie von Verbesserungsprozessen.....	11
Abb. 7: Zieldimensionen für Verbesserungsprozesse mit Beispielkennzahlen.....	12
Abb. 8: Das Zusammenwirken von Ist- und Zielzustand im KVP .....	15
Abb. 9: Die Zielausrichtung des KVP in Abhängigkeit von der Unternehmensebene .....	16
Abb. 10: Die TOYOTA-Methode als 4P-Modell .....	17
Abb. 11: Zusammenhang zwischen Wissen, Qualifikation und Kompetenzen .....	18
Abb. 12: Aufgaben von Führungskräften im KVP .....	23
Abb. 13: Unterschiedliche Ausprägungen von Coaching .....	24
Abb. 14: Die Verbesserungs-Kata nach ROTHER.....	26
Abb. 15: Eine Zielzustands-Darstellung nach CACHAY .....	27
Abb. 16: Lernerfolg zwischen Anforderungen und Fähigkeiten eines Beschäftigten.....	30
Abb. 17: Ein KVP-Board als zentraler Ort der Prozessverbesserung .....	32
Abb. 18: Die Spirale der kontinuierlichen Verbesserung.....	33
Abb. 19: Das fünf Phasenmodell der DGQ zur KVP-Einführung .....	34
Abb. 20: Die drei identifizierten KVP-Typen .....	36
Abb. 21: KVP-Arten in Kombination in einem Unternehmen.....	37
Abb. 22: Übersicht über die identifizierten KVP-Elemente des Typ C .....	38
Abb. 23: Automatisierungspyramide der Produktion nach DIN EN 62264.....	44
Abb. 24: Wissenspyramide.....	47
Abb. 25: Eine Auswahl an Gamification Elementen.....	49
Abb. 26: Unterschiedliche Arten von Social-Media-Software.....	50
Abb. 27: Bild einer VR-Cave .....	54
Abb. 28: Verteilung der <b>73</b> identifizierten Softwarelösungen über die KVP- Typen .....	56
Abb. 29: Phasen der menschenzentrierten Gestaltung .....	61
Abb. 30: Morphologie von Prototypen.....	62

Abb. 31: Forschungskonzeption zur Entwicklung der digitalen KVP-Methodik .....	68
Abb. 32: Ablauf der Methodikentwicklung und Kapitel der Arbeit .....	70
Abb. 33: Systemgrenzen und Rollen in der digitalen KVP-Methodik .....	72
Abb. 34: Verschiedene Anwendungsfälle des zentralen Prozessleitsystems der CiP .....	74
Abb. 35: Ablauf Definition von funktionalen Anforderungen und verwendete Symbole .....	76
Abb. 36: Ablauf der Delphi-Studie .....	77
Abb. 37: Ausschnitt aus der finalen Nutzenmatrix <b>Mprofit</b> mit Bewertungen .....	78
Abb. 38: Ausschnitt aus der finalen Implementierungs-Matrix <b>Mweight</b> mit Bewertungen .....	79
Abb. 39: Verlauf des erreichbaren Gesamtnutzens <b>Pges</b> über die Gesamtkapazität <b>C</b> .....	82
Abb. 40: Ein- und Ausgangsfaktoren der Methodik .....	86
Abb. 41: Choreographie-Diagramm der digitalen KVP-Methodik .....	87
Abb. 43: TP 1.2 Zielzustand für Prozessschritt definieren .....	89
Abb. 44: TP 2 Prozess mit Hilfe des PDCA-Zyklus verbessern, Teil 1 .....	90
Abb. 45: TP 2 Prozess mit Hilfe des PDCA-Zyklus verbessern, Teil 2 .....	91
Abb. 46: Navigationsstruktur des Prototypen .....	93
Abb. 47: UML-Verteilungsdiagramm des digitalen KVP-Boards .....	98
Abb. 48: Vereinfachtes ERD .....	100
Abb. 49: Vereinfachte Modellhierarchie .....	101
Abb. 50: Bildschirmaufbau am Beispiel des Wertstrom-Managements .....	102
Abb. 51: Das Konzept des Grid Layouts .....	103
Abb. 52: Vorgehen zur problemorientierten Validierung des KVP-Boards .....	108
Abb. 53: LM-Durchführung und Vorerfahrung der TN .....	108
Abb. 54: Auszug aus dem Aufbau der Handlungsaufgabe .....	110
Abb. 55: Positionen der Kameras in der Handlungsaufgabe .....	115
Abb. 56: Ergebnisse der Usability Evaluierung .....	119
Abb. 57: Ergebnisse der Lösung der KVP-Probleme .....	120
Abb. 58: Ergebnisse bezüglich der Vorerfahrung der TN .....	124
Abb. 59: TP 1.1 Wertstromziele erstellen .....	158
Abb. 60: TP 2.9 Update PDCA-Status .....	158
Abb. 61: TP 2.11 Update Coaching-Statistik .....	158
Abb. 62: TP 3 Coaching durchführen .....	159

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Gliederung der identifizierten KVP-Probleme nach MTO .....	43
Tab. 2: Softwaresysteme und Digitalisierungskonzepte für den KVP .....	53
Tab. 3: Lösungen zur Unterstützung des KVP vom Typ C.....	57
Tab. 4: Zusammenfassung der Anforderungen L1 und L2 .....	73
Tab. 5: In der CiP zum Einsatz kommende IT-Geräte .....	75
Tab. 6: Zusammenfassung der Anforderung L3.....	75
Tab. 7: Zusammenfassung der Anforderung L4.....	83
Tab. 8: Zusammenfassung der Anforderung L5.....	83
Tab. 9: Zusammenfassung der Anforderung L6.....	84
Tab. 10: Zusammenfassung der Anforderung L7.....	84
Tab. 11: Zusammenfassung der Anforderung L8.....	85
Tab. 12: Phasen des Prototypen-Test .....	96
Tab. 13: Zugriffsberechtigungen im digitalen KVP-Board.....	101
Tab. 14: Phasen des KVP-Board-Tests .....	104
Tab. 15: Konzepte zur Gestaltung von Lernsituationen und deren Konsequenz für eine Handlungsaufgabe .....	111
Tab. 16: Eingesetzte Methoden der Datenerhebung.....	112
Tab. 17: Übersicht über die Teilhypothesen von H2.....	122
Tab. 18: Zusammenfassung der Evaluierung und Validierung .....	125
Tab. 19: Teilhypothesen von H2 .....	153
Tab. 20: Finale Bewertungsmatrix .....	155
Tab. 21: Finale Bewertungsmatrix .....	156
Tab. 22: Finale Auswahlmatrix .....	157
Tab. 23: Zugangsdaten für die Demo des digitalen KVP-Boards .....	165
Tab. 24: Erste Iteration (Prototyp).....	170
Tab. 25: Zweite Iteration (digitales KVP-Board).....	171
Tab. 26: Dritte Iteration (digitales KVP-Board).....	172
Tab. 27: Vierte Iteration (digitales KVP-Board).....	172
Tab. 28: Pflichtenheft .....	173
Tab. 29: Usability-Fragebogen für H1 .....	176
Tab. 30: Problemtransformationstabelle mit den Verhaltensankern der Handlungen .....	177
Tab. 31: Fragebogen für die theoretische Potentialbefragung.....	182



## Formel- und Abkürzungsverzeichnis

$a, b$	Matrix-Zeilen- und Spaltendimensionen
AR	Augmented Reality
AV	Arbeitsvorbereitung
BDE	Betriebsdatenerfassung
BI	Business Intelligence
BPMN	Business Process Model and Notation
BVW	Betriebliches Vorschlagswesen
$C_{ges}$	Gesamt-Implementierungskapazität (capacity) der KVP-Digitalisierungs-Paare
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Qualitycontrol
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CiP	CENTER FÜR INDUSTRIELLE PRODUKTIVITÄT
CMS	Content Management System
CPS	Cyber-physisches System
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
DAKKS	DEUTSCHE AKKREDITIERUNGSSTELLE
DFG	DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
DGQ	DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR QUALITÄT E.V.
DMS	Dokumenten Management System
DMU	Digitaler Mockup
EDM	Educational Datamining
eEPK	erweiterte ereignisgesteuerte Prozesskette
ERD	Entity-Relationship-Diagramm
ERP	Enterprise-Resource-Planning
FIS	Führungsinformationssystem
GPS	Ganzheitliches Produktionssystem
H	Hypothese
$H_0$	Nullhypothese
Hand	Handlungsbeobachtung
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICC	Intra-Class-Correlation

IE	Industrial Engineering
$i, j$	Matrix-Zeilen- und Spaltenindex
JS	JAVASCRIPT
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
KP	Knapsack Problem
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
L	Anforderung des Lastenheftes
LA	Learning Analytics
LM	Lernmodul
MAPS	Melhoria Auxiliada por Simulação (Simulation Aided Improvement)
MDE	Maschinendatenerfassung
MES	Manufacturing Execution System
MIS	Managementinformationssystem
$M_{leer}$	Initiale Bewertungsmatrix
$M_{profit}$	Bewertungsmatrix mit dem Nutzen der KVP-Digitalisierungs-Paare
MVC	Model View Controller Pattern
$M_{weight}$	Bewertungsmatrix mit den Aufwänden der KVP-Digitalisierungs-Paare
$M_x$	Finale Implementierungsmatrix
$P_{ges}$	Gesamtnutzen (profit) der KVP-Digitalisierungs-Paare
P	Problem
PCKP	Precedence Constraint Knapsack Problem
PH	Anforderung des Pflichtenheftes
PDM	Produktdatenmanagement
$p_{i,j}$	Nutzwert (profit) eines KVP-Digitalisierungs-Paares, Element aus $M_{profit}$
PLM	Product-Lifecycle-Management
Pot	Potentialbefragung
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PTW	INSTITUT FÜR PRODUKTIONSMANAGEMENT, TECHNOLOGIE UND WERKZEUG-MASCHINEN
REST	Representational State Transfer
RoR	RUBY ON RAILS
SFM	Shopfloor Management
SMED	Single Minute Exchange of Die
SPC	Statistical Process Control
TN	Teilnehmende
TUD	TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



TP	Teilprozess
TPS	TOYOTA Produktionssystem
TQM	Total Quality Management
TWI	Training within Industry
UML	Unified Modeling Language
$v_i$	Grundaufwand für die Implementierung der KVP-Digitalisierungs-Paare der Zeile $i$ von $M_{weight}$
VR	Virtual Reality
$w_{i,j}$	Aufwandswert (weight) für die Implementierung eines KVP-Digitalisierungs-Paares, Element aus $M_{weight}$
Wiss	Wissenstest
$x_{i,j}$	KVP-Digitalisierungs-Paar, Element aus $M_x$



# 1 Einleitung

Deutschland ist weltweit einer der teuersten Produktionsstandorte. Nur fünf Länder haben höhere Stundenlöhne im verarbeitenden Gewerbe als Deutschland<sup>1</sup>. So stehen durchschnittliche Stundenlöhne von 40€ in Deutschland, Löhnen von 2€ bis etwa 6€ in den zehn günstigsten Ländern gegenüber [CHRI18]. Deutsche Unternehmen produzieren zu großen Teilen für den nicht-deutschen Markt [WTO18] und befinden sich daher in einem Preiswettbewerb mit Ländern, die ebenfalls eine exportorientierte Wirtschaft aufweisen, aber niedrigere Lohnkosten aufweisen. Hinzu kommen weitere Herausforderungen, wie dem demographischen Wandel und kürzere Produktlebenszyklen, denen sich Unternehmen in Deutschland stellen müssen [ADOL14].

Es ist somit essentiell für Unternehmen in Deutschland, Produkte weiterzuentwickeln, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Weiterhin müssen sie organisatorische Verbesserungen vorantreiben und die Kompetenzen ihrer Beschäftigten entwickeln, da diese Faktoren einen größeren Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens haben, als reine technische Fortschritte [CACH13]. Dabei haben vor allem Führungskräfte die Aufgabe Verbesserungsprozesse zu initiieren, was aber nur gelingen kann, wenn diese ihre Rolle entsprechend wahrnehmen [PENN18]. Eine weitere Herausforderung für produzierende Unternehmen bildet die Schaffung, Verwaltung und Verteilung von Wissen; dies gilt besonders unter dem Eindruck von verkürzten Produktlebenszyklen und Verweildauer von Beschäftigten in einer Position oder Unternehmen [ADOL14].

## 1.1 Problemstellung und Motivation

Es müssen also Instrumente etabliert werden, um

- Veränderungsprojekte in der Produktion zu initiieren,
- Wissen der Beschäftigten zu erhalten und in explizites Wissen umzuwandeln und
- neues Wissen den Beschäftigten zu vermitteln [NONA95].

Ausgangspunkt für Veränderungsprojekte in der Werkstatt bildet oftmals das System der schlanken Produktion, welches eng mit der Geschichte des japanischen Automobilkonzerns TOYOTA verknüpft ist. Vor allem das Konzept des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) ist hier von Relevanz, weil es neben der Verbesserung von Prozessen, vor allem die Entwicklung der Mitarbeiterkompetenzen priorisiert, was gleichermaßen für Beschäftigte und Führungskräfte gilt [IMAI86].

---

<sup>1</sup> Nur die Schweiz, Norwegen, Dänemark, Belgien und Schweden weisen noch höhere Stundenlöhne als Deutschland auf [CHRI18].

Große Unternehmen und insbesondere solche, die einen hohen Technologieanteil aufweisen, wie im Fahrzeugbau, Medizin, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik, nutzen bereits den KVP [KIRN11]. Obwohl die Vorteile für den Einsatz des KVP klar auf der Hand liegen und sich in konkreten Verbesserungen wie zum Beispiel der Maschinen-Rüstzeiten widerspiegeln können [KIRN11], haben vor allem kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) Probleme bei der Einführung und Verstetigung des KVP. Ein Grund dafür ist, dass das Konzept des KVP Ressourcen bindet, die in den Unternehmen nicht immer verfügbar sind [HAMB15b]. Die dauerhafte Etablierung eines KVP-Systems im Unternehmen wird regelmäßig als Problem identifiziert [BESS97], [ROTH17]<sup>2</sup>.

Eine Lösung für diese und weitere Probleme könnte die zunehmende Digitalisierung der Produktion bilden, welche seit dem Ausrufen der *vierten industriellen Revolution* im Jahr 2011 in deutschen Unternehmen stark in den Vordergrund gerückt ist [KAGE13]. Hierbei dürfen allerdings nicht nur die technischen Möglichkeiten der Digitalisierung in den Vordergrund gestellt werden, sondern müssen die konkreten Folgen für die Beschäftigten berücksichtigt werden [HIRS14], [BOTT15]; des Weiteren muss der betriebliche Kontext von bestehenden Produktionsmanagementsystemen wie der schlanken Produktion beachtet werden [KNÜP15]. Den Gedankengängen der schlanken Produktion folgend, müssen Unternehmen daher zunächst entscheiden, welche Problemstellungen Sie in Ihrem Unternehmen adressieren wollen (vgl. Abb. 1).



**Abb. 1: Die drei Stoßrichtungen von Industrie 4.0 für die Produktion [METT17a]**

<sup>2</sup> Weitere Problemstellungen im Umfeld des KVP werden in Kap. 2.4 erörtert.

Dabei sehen Unternehmen das größte Potential von Industrie 4.0 nicht im Marktumfeld (was von einigen Autoren kritisiert wird [KNÜP15]), sondern vor allem in der Weiterentwicklung von Produkten und Prozessen der industriellen Produktion [MONO16]. In einer 2015 durchgeführten Studie gaben beispielsweise mehr als 70% der teilnehmenden Unternehmen an, Systeme und Werkzeuge zu analysieren, zu planen oder bereits zu implementieren, um Maschinen, Arbeiter und Produkte untereinander zu vernetzen, um eine unterbrechungsfreie Informationskette zu schaffen [STAU15].

In der Vergangenheit entstanden bereits Instrumente, die auf den Ansätzen der schlanken Produktion aufsetzen und so zum Beispiel die Verschwendungsarten der schlanken Produktion an die Herausforderungen der Digitalisierung angepasst haben [MEUD16]. Daraus ließen sich neue Instrumente dieses *Lean 4.0*-Ansatzes [METT17b] entwickeln. Dazu gehören die Weiterentwicklung der Wertstrommethode zu einer *Wertstromanalyse 4.0* [MEUD17b] oder die Weiterentwicklung des Shopfloor Managements zu einem *Digitalen Shopfloor Management* [SAND15], [HERT17].

## 1.2 Forschungsfragen und Lösungsansatz der Arbeit

Im Bereich des KVP gibt es bisher keine systematischen Ansätze diesen zu digitalisieren oder Untersuchungen welche konkreten Verbesserungen sich dadurch ergeben würden [LODG16]. Dabei bildet die zunehmende Vernetzung der Produktion eine gute Ausgangslage für die entsprechende Weiterentwicklung von Methoden der schlanken Produktion. Daraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen, die den Rahmen der vorliegenden Arbeit bilden:

1. Welche KVP-Ansätze sind in der Literatur und Praxis bekannt, wie entwickeln diese Ansätze Unternehmen zielgerichtet weiter und wie wird die Rolle des Menschen in diesen berücksichtigt?
2. Mit welchen konkreten Problemen sind Unternehmen in der praktischen Anwendung des KVP konfrontiert?
3. Kann das Instrument des KVP – wie andere Instrumente der schlanken Produktion – digitalisiert werden und existieren bereits Ansätze zur Digitalisierung des KVP in Theorie und Praxis?
4. Welches systematische Vorgehen eignet sich für die Entwicklung einer digitalen KVP-Methodik?
5. Können die in Frage 2 aufgezeigten Probleme durch eine digitale KVP-Methodik gelöst werden?

Die Entwicklung eines digitalen KVP-Systems ist von starker Interdisziplinarität zwischen den Ingenieurwissenschaften – auf Grund der technischen Elemente des digitalen

KVP – und der Betriebswirtschaftslehre – auf Grund des sozialen Systems des KVP – geprägt. Diesem Umstand soll durch den Einsatz der Forschungskonzeption der angewandten Forschung begegnet werden [ULRI76]. Mit Hilfe dieser Konzeption soll eine digitale KVP-Methodik entwickelt werden, die konkreten KVP-Probleme der Praxis löst (vgl. Abb. 2).

	Inhaltliche Lösung	Methoden
Aktuelle Probleme	Inhaltliche Lösung für konkrete Probleme der Praxis	<b>Lösungsverfahren für konkrete Probleme der Praxis</b>
Zukünftige Gestaltung	Gestaltungsmodelle für die Veränderung der sozialen Wirklichkeit	Regeln für die Entwicklung von Gestaltungsmodellen in der Praxis

**Abb. 2: Gewählte Forschungskonzeption [ULRI81]**

Abb. 3 zeigt die Aktivitäten der angewandten Forschung zusammen mit den Kapiteln der Arbeit und den darin jeweils verwendeten Methoden. Neben den Grundlagen zur schlanken Produktion und dem Verbesserungswesen (vgl. Kap. 2.1 und 2.2), sollen in der vorliegenden Arbeit zunächst die bestehenden Verbesserungsansätze aus der Produktion durch eine Literaturrecherche definiert und gegliedert werden (vgl. Kap. 2.3). Es folgt die systematische Strukturierung der konkreten Probleme im Einsatz des KVP mit Hilfe einer Literatur- und Interviewstudie (vgl. Kap. 2.4). Außerdem müssen die bereits in der Produktion im Einsatz befindlichen Systeme und Konzepte der Digitalisierung betrachtet werden (vgl. Kap. 2.5). Bestehende Methoden und Lösungen für einen digitalen KVP werden ebenfalls analysiert (vgl. Kap. 2.6). Die Auswahl eines Entwicklungsprozessmodells dient als Grundlage zur anschließenden Entwicklung der digitalen KVP-Methodik (vgl. Kap. 2.7). Im nächsten Schritt werden die Forschungsfragen zu einem Forschungsziel und Hypothesen weiterentwickelt, die in der Folge bestätigt oder falsifiziert werden sollen (vgl. Kap. 3). Mit Hilfe eines menschenzentrierten Entwicklungsansatzes wird daraufhin iterativ eine Gestaltungslösung für die KVP-Methodik entwickelt (vgl. Kap. 4.4). Diese basiert auf Anforderungen, die mit Hilfe einer Delphi-Studie gesammelt und durch eine Knapsack-Optimierung ausgewählt werden (vgl. Kap. 4.1–4.3). In vergleichenden, experimentellen Workshops werden die aufgestellten Hypothesen statistisch überprüft (vgl. Kap. 5.1–5.3). Die abschließende Diskussion der Hypothesen (vgl. Kap. 5.4) und Zusammenfassung und Ausblick (vgl. Kap. 6) schließen die Arbeit ab.

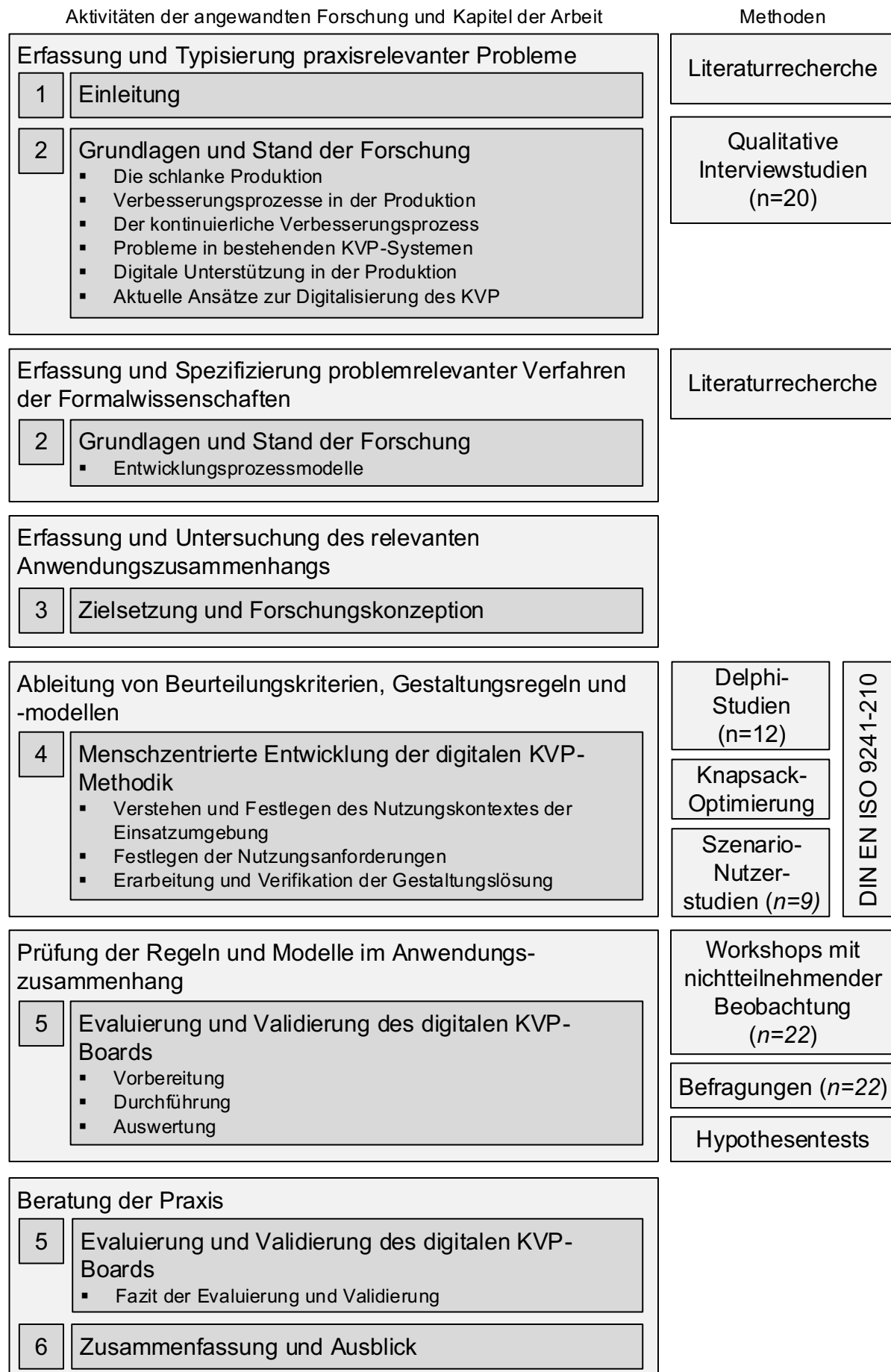


Abb. 3: Aufbau der Arbeit nach der Strategie der angewandten Forschung [ULRI84]





## 2 Grundlagen und Stand der Forschung

Im Folgenden werden zunächst die die Kernelemente der schlanken Produktion vorgestellt; diese bilden die Grundlage für eine Einführung in betriebliche Verbesserungsprozesse im Allgemeinen und dem KVP im Speziellen. Daraufhin werden die Herausforderungen, mit denen Unternehmen im Einsatz mit KVP-Systemen konfrontiert werden vorgestellt. Es werden außerdem Möglichkeiten zur Digitalisierung des KVP bzw. bereits bestehende Umsetzungen von digitalen KVP-Systemen aufgezeigt. Den Abschluss des Kapitels bildet die Auswahl eines systematischen Vorgehens, die sich für die Entwicklung einer digitalen KVP-Methodik eignet.

### 2.1 Die schlanke Produktion

WOMACK, JONES und ROOS haben in einer umfangreichen Studie (1985–1991) im Rahmen des *International Motor Vehicle Program* am MIT zum ersten Mal den Begriff *Lean Production/ Manufacturing* verwendet [WOMA91]. Sie nutzen ihn um eine Reihe von Prinzipien zu beschreiben, die sie unter anderem bei dem Unternehmen TOYOTA vorgefunden haben. Flexibilität, Ausrichtung der Produktion am Kunden und Null Fehler bilden dort die zentralen Treiber für Veränderungen. Der Begriff des (*TOYOTA*) *Produktionssystems* (TPS) [ÖNO88] beschreibt wiederum eine Reihe von Werkzeugen und Methoden mit dem sich die oben angesprochenen Prinzipien verwirklichen lassen [ÖNO88], [TAKE13]<sup>3</sup>. Dieses ursprüngliche Produktionssystem bildet die Grundlage für die heutigen *ganzheitlichen Produktionssysteme* (GPS), die in vielen Unternehmen anzufinden sind [DOMB16]. Mit einem GPS werden alle Unternehmensprozesse – also nicht nur die Produktion – an dem Kunden ausgerichtet; es bildet ein methodisches Regelwerk zur Sicherung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und soll einen Kulturwandel bei allen Beschäftigten aller Hierarchieebenen hin zu einer Mentalität des kontinuierlichen Verbesserns schaffen [VDI12].

In Zusammenhang mit Diskussionen wie das Konzept der schlanken Produktion mit den „technikindizierten Rationalisierungsimpulsen“ [SCHW16b] von *Industrie 4.0* zusammenwirkt, stellt sich die Frage nach der zukünftigen Ausrichtung der GPS. Hier erkennen einige Autoren eine Veränderung hin zu erhöhter Flexibilisierung der Produktion, anstelle von reiner Verschwendungsreduzierung [SCHW16b], die zusammen mit den Möglichkeiten der Vernetzung das Konzept der *Lean 4.0* entstehen lässt.

---

<sup>3</sup> Mit dem Aufkommen des Begriffs Produktionssystem hat sich teilweise auch der Begriff der *Lean Production* hin zum *Lean Management* gewandelt [WILD99]: Die Prinzipien der schlanken Produktion werden auf das gesamte Denken und Führen eines Unternehmens übertragen.

## 2.2 Verbesserungsprozesse in der Produktion

Das Konzept der Prozessverbesserung ist deutlich älter als das TPS, auch wenn kein anderes System die regelmäßige und fortlaufende Verbesserung als derartig ausgeprägtes inhärentes Merkmal besitzt [IMAI86].

Erste Ansätze für eine systematische Aufforderung an die Beschäftigten sich nicht nur über ihre Arbeitskraft täglich in den Produktionsprozess einzubringen, sondern ihre eigenen Arbeitshandlungen zu hinterfragen und nach Verbesserungen zu suchen, finden sich bereits Ende des 19. Jahrhunderts bei den Firmen KRUPP und HEINRICH LANZ [SCHM85], [FRIE97]. Beschäftigte konnten unabhängig von ihrer Stellung, Vorschläge zur Verbesserung machen und somit Betriebsabläufe verändern, wenn sie gegen diese Bedenken hatten. Allerdings wurden diese Vorschläge durch die direkten Vorgesetzten weiter vermittelt, was die Veränderungsmöglichkeiten im eigenen Bereich natürlich einschränkte [FRIE97]. Erst bei dem Unternehmen BORSIG wurden ab 1902 Vorschläge zur Verbesserung direkt durch die Beschäftigten eingereicht und durch eine Kommission ausgewertet. Es wurden Prämien für erfolgreiche Vorschläge ausgezahlt [MICH43]. Im weiteren Verlauf führten eine Reihe anderer Unternehmen in Deutschland Vorschlagswesen ein, was als *betriebliches Vorschlagswesen (BVW)* bis heute Verwendung findet<sup>4</sup>.

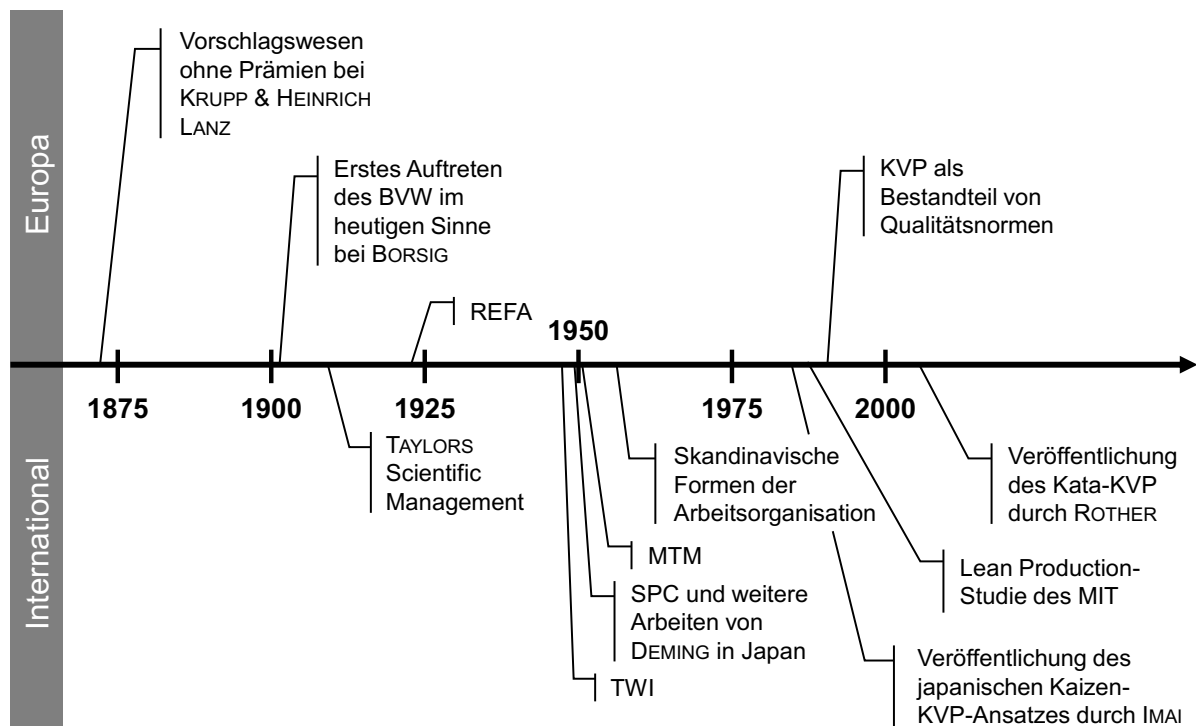
Im englischsprachigen Raum ist vor allem TAYLORS Ansatz des *Scientific Management* als Ausgangspunkt von Verbesserungen des Arbeitsablaufs zu nennen, welches 1911 zum ersten Mal vorgestellt wurde [TAYL11]. Hier steht eine starke Trennung zwischen ausführenden und planenden Arbeiten im Vordergrund, sodass Verbesserungen nur durch entsprechende Spezialisten (zum Beispiel Ingenieure in der Arbeitsvorbereitung) erbracht werden sollen [SCHR91], [RIJN02]. Bedingt durch den zweiten Weltkrieg und der veränderten Zusammensetzung der Arbeitnehmerschaft, wurde in den USA das staatliche Konzept des *Training within Industry (TWI)* entwickelt. Dieses hatte zum Ziel die Beschäftigten schnell in ihre Arbeitsprozesse einzuführen und diese entsprechend zu verbessern [SCHR91], [BHUI05].

(Qualitäts-) Verbesserungen aus einer Prozessgesamtansicht heraus wurden erst von DEMING zunächst nur in Japan umgesetzt [BERL01], [BHUI05]. Verschiedenste Instrumente wie die *Qualitätszirkel*, das *Total Quality-Management (TQM)* oder der daraus

---

<sup>4</sup> Für die weitere Entwicklung des BVW in Deutschland siehe [KOBL14].

entstandene japanische *Kaizen*-Ansatz<sup>5</sup> waren sehr erfolgreich in Japan und haben maßgeblich zur Qualitäts- und Kostenführerschaft von japanischen Unternehmen besonders seit den 1980er Jahren beigetragen [SING15]. Weitere Entwicklungen wie die das Konzept der *Gruppenarbeit* in Skandinavien führten vollends zum Ende der Aufteilung in rein planende und rein ausführende Tätigkeiten, wie sie TAYLOR noch angestrebt hatte [KIRN06]. So ist das kontinuierliche Verbessern von Prozessen inzwischen Teil von Qualitätsnormen, wie der DIN EN ISO 9000 und allen darauf basierenden Systemen [DIN15].



**Abb. 4: Historische Entwicklung von Verbesserungssystemen (mit Anpassungen aus [CACH13])**

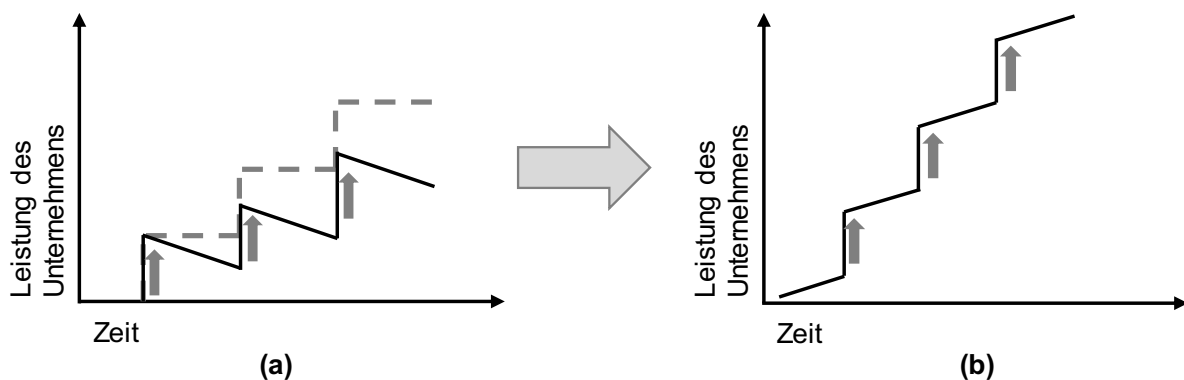
Wie aus dieser kurzen Darstellung der historische Entwicklung des Verbesserungswesens (vgl. Abb. 4) ersichtlich ist, verlief die Entwicklung von Verbesserungssystemen alles andere als gradlinig, sodass es in der heutigen Forschungslandschaft keine gesamtgesellschaftliche Beschreibung des betrieblichen Verbesserungskonzeptes – oder vielmehr der Konzepte – gibt [CACH13]. Aus diesem Grund sollen nun im Folgenden die verschiedenen Aspekte des KVP, seiner Ziele und Basiselemente vorgestellt werden.

<sup>5</sup> Der Kaizen-Ansatz wird noch im Folgenden in Kap. 2.3 ausführlicher dargestellt und sei hier nur zur historischen Einordnung erwähnt.

### 2.3 Der kontinuierliche Verbesserungsprozess

Kern des oben bereits vorgestellten TPS bildet das Konzept des *Kaizen* – dem „Verändern zum Besseren“ [KOST17]. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass jeder Prozess, ohne dass er verändert wird, über die Zeit degeneriert, da sich die Rahmenbedingungen eines Prozesses laufend ändern. Aus diesem Grund müssen kontinuierlich Verbesserungen am Prozess erfolgen [DGQ14], [KOST17]. Der KVP<sup>6</sup> bildet das zentrale Führungsinstrument bei TOYOTA [ROTH09a], welches Routinen und Methoden zur Zielausrichtung und Mitarbeiter-Führung liefert. TOYOTA selbst bezeichnet die *kontinuierliche Verbesserung* und den *Respekt vor den Beschäftigten*<sup>7</sup> als die zentrale Unternehmensphilosophie [TOYO01].

Diese Verbesserungen müssen allerdings klar von großen Veränderungen im Unternehmen abgegrenzt werden. So unterscheidet IMAI zwischen der sprunghaften Innovation und kleinen, inkrementellen Verbesserungen. Nur letztere bezeichnet er als *Kaizen* [IMAI86]. Dies bedeutet allerdings nicht, dass sich die beiden Prinzipien gegenseitig ausschließen würden: Da jede Neuerung wie auch andere Prozesse einem konstanten Verfall unterliegen, ist es sinnvoll, das Instrument der Innovation mit dem des KVP zu verbinden, um diesem Prinzip entgegen zu wirken<sup>8</sup>. Die entwickelten Innovations-sprünge werden so abgesichert [IMAI86].



**Abb. 5: Idealisierter und realer Ablauf einer Innovation (a) und Zusammenwirken von Innovation und KVP (b) nach [ZIMM17], basierend auf [IMAI86], [BRUN14]**

Andere Autoren sehen den KVP durchaus in der Lage Innovation hervorzurufen. So ist es möglich, dass inkrementelle Verbesserungen „gleichzeitig radikale Neuerungen sind,

<sup>6</sup> In der Literatur werden die Begriffe Kaizen, KVP bzw. *CI/ CIP (continuous improvement/ continuous improvement process)* weitgehend synonym verwendet [BHUI05], [KOST17].

<sup>7</sup> Dieses Prinzip wird im Folgenden im Rahmen der Toyota-Führungsroutine noch ausführlicher erläutert (vgl. Kap. 2.3.2.2).

<sup>8</sup> Vgl. dazu den idealisierten und realen Ablauf einer Innovation (a) mit der Kombination von KVP und Innovation (b) aus Abb. 5.

die das Ergebnis einer innovativen Idee oder [...] einer neuen Technologie sind“ [CACH15]. Dies wird als *Continuous Innovation* [BESS94] bezeichnet. Eine Abgrenzung zu einer radikalen Prozessneugestaltung besteht aber weiterhin [BESS97].

### 2.3.1 Dimensionen und Erfolgsfaktoren von Verbesserungsprozessen

Um die verschiedenen Ausprägungen von Verbesserungsprozessen zu strukturieren wird in Abb. 6 eine Morphologie von Verbesserungsprozessen vorgestellt; diese lehnt sich an [ABEL11a], [CACH15], [HAMB16a] an und dient zur Vorbereitung einer Einordnung von verschiedenen KVP-Ausprägungen die in der Industrie beobachtet werden können (vgl. Kap. 2.3.4).

Dimension	Ausprägung				
Zielorientierung	Entwicklung der Organisation				Entwicklung der Beschäftigten
	Methoden	Benchmarks	Kennzahlen	Zielzustände und Arbeitsprozessziele	
Wirkungsform	reaktiv			proaktiv	
Beteiligungsform und Rolle der Beschäftigten	freiwillig		verpflichtend		
			Spezialisten		Beschäftigte, Führungskräfte und Spezialisten
Zeitliche Dauer	zeitweise			dauerhaft	
KVP-Fokus	Punkt-KVP			Fluss-KVP	
Rolle der Führungskraft	Methodischer Experte			Entwicklung der Beschäftigten als Coach	

**Abb. 6: Morphologie von Verbesserungsprozessen (Erweiterung von [ABEL11a], [CACH15])**

#### 2.3.1.1 Zielorientierung

Als wichtiger Teil eines schlanken Produktionssystems sind die grundsätzlichen Ziele des KVP zunächst deckungsgleich mit diesem. Die Ziele orientieren sich zunächst an den drei Zieldimensionen Qualität, Kosten und Liefertreue (QKL). Im Rahmen der Produktion nimmt das Element der Variabilität noch einen weiteren Rahmen ein [ERLA10]. Abb. 7 zeigt einige Beispiele wie sich Ziele des Marktes auf die KVP-Ziele in einem Unternehmen auswirken und als Kennzahl messbar werden. Weitere Ziel-Dimensionen, die im Rahmen der schlanken Produktion und des KVP relevant sind, beziehen die Mitarbeitermoral, Sicherheit und Produktivität mit ein [BRUN14], [SING15]. Diese sind

allerdings nicht primär markt- und organisationsgetrieben, sondern fokussieren vor allem die Beschäftigten selber [DOMS07].

Die Relevanz von Zielen für den KVP ist unbestreitbar. Einige Autoren bezeichnen Ziele sogar als notwendige Voraussetzung, damit ein KVP überhaupt starten kann [BRUN14]. Laut LOCKE sollen Ziele dabei zwar ambitioniert sein, um die Beschäftigten zu höheren Leistungen zu motivieren; sie müssen dabei allerdings klar spezifiziert und messbar sein. Auf der anderen Seite besteht allerdings die Gefahr der Demotivation, falls Ziele als zu ambitioniert wahrgenommen werden [LOCK90].



**Abb. 7: Zieldimensionen für Verbesserungsprozesse mit Beispielkennzahlen (in Anlehnung an [ERLA10], [CACH13])**

Zusätzlich muss die Frage nach der langfristigen Zielerreichung des KVP gestellt werden, da der KVP per Definition kein Endziel hat [IMAI97]. Neben der Richtung für Verbesserungsaktivitäten, müssen Ziele die Beschäftigten dauerhaft motivieren [CACH13]. Insgesamt lassen sich also zwei Zieldimensionen festlegen, die ihren Fokus entweder auf die (Weiter-) Entwicklung der Organisation, ihrer Methoden und Ergebnisse legen oder der Beschäftigten abzielen, wobei sich diese Dimensionen teilweise gegenseitig bedingen [CACH13]:

#### *Entwicklung der Organisation*

In der Literatur können insgesamt vier Arten von Zielen für den KVP definiert werden [CACH13]:

1. Methoden,
2. Benchmarks,
3. Kennzahlen,
4. Zielzustände und Arbeitsprozessziele

Im Rahmen von *methodenbasierten Zielen* sollen bestimmte Methoden in einer Organisation etabliert werden; man spricht hier von einem *Methoden-KVP* [MENZ09]. Dies

wirkt besonders in der Anfangszeit der KVP-Einführung eines Unternehmens als effektives und gut messbares Ziel, da so Methoden aus dem *Lean Baukasten* in einem Unternehmen messbar verbreitet werden können [LIND97]. Im ersten Schritt werden oftmals die Methoden des 5S (Suchen und Beseitigen von Verschwendungen) verwendet [BHUI05], [MENZ09]. Allerdings ist die langfristige Sinnhaftigkeit zweifelhaft; es besteht die Gefahr, dass der Einsatz einer konkreten Methode wichtiger als die entsprechende Ursachenforschung ist [LIKE11]. Außerdem wird kritisiert, dass die Ursachenanalyse einer identifizierten Abweichung vom Standard nicht im Vordergrund steht, sondern die bloße Anwendung einer zuvor in den Fokus gerückten Methode [HINE04].

*Benchmarkbasierte Ziele* basieren entweder auf dem Vergleich der Leistungsfähigkeit eigener Prozesse oder der von anderen Unternehmen [JOHN01], [MERT09]; besonders das Auftreten von Unternehmenswettbewerben und (internationalen) Best-Practice-Touren hat hier maßgeblich zur Verbreitung beigetragen [VOSS95]<sup>9</sup>. Hier werden in der Literatur allerdings eine Reihe von Problemen identifiziert [CACH13]:

- Die nicht-Berücksichtigung von unternehmensspezifischen Einflussfaktoren [VOSS95]
- Die Schwierigkeit die *nächste Methode* auszuwählen, beim Versuch einen Benchmark zu erreichen [VOSS95]
- Die Nacheiferung des Besten sorgt dafür, dass ein Unternehmen nur den zweiten Platz einnehmen kann und verhindert so Wettbewerbsfähigkeit [VOSS05]
- Eine universell einsetzbare Vorgehensweise gibt es nicht, da Organisationen unterschiedlich sind [HINE04]

*Kennzahlen* sind die am meisten verbreitete Art der Zieldefinition [SYSK06] (vgl. Abb. 7); Kennzahlen erfüllen dabei zwei Ziele im KVP: Zum einen werden diese zur Zieldefinition für den KVP, zum anderen zur Erfolgsmessung des KVP verwendet. Zur Zieldefinition werden sowohl japanische Ansätze nach dem Prinzip des *Hoshin Kanri*<sup>10</sup> [DALE90], als auch Konzepte wie die *Balanced Scorecard* [KAPL92] benutzt, um zielgerichtet Kennzahlen für einen Bereich abzuleiten und diese mit anderen Zielen zu verknüpfen. Hoshin Kanri sorgt dafür, dass sich Verbesserungsziele an übergeordneten Zielen orientieren und so keine Konflikte zwischen Teilzielen einzelner Bereiche entstehen [HUTC11]. Dabei werden strategische Ziele horizontal (also zum Beispiel über mehrere

---

<sup>9</sup> Obwohl schon in den 1990er und 2000er Jahren zum ersten Mal angeboten, sind Lean-Rundreisen nach Japan weiterhin beliebt [DAH17].

<sup>10</sup> In der englischsprachigen Literatur wird hier der Begriff *Policy Deployment, Management by Policy/Policy Management* oder *Hoshin Planning* verwendet [JOLA08].

Abteilungen hinweg), als auch vertikal (über mehrere Hierarchieebenen) konkretisiert. Die Vision, die zu Beginn des Prozesses steht, hat im deutschsprachigen Raum ihre Entsprechung im Leitbild, ein technologisch und argumentativ erreichbares Zukunftsbild [GAUS96]. Obwohl es diskutabel ist, ob eine Vision oder ein Leitbild für ein Unternehmen nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch erreichbar sein muss, spielt dies in der konkreten Unternehmensanwendung keine Rolle [BESS99]. Oftmals von TOYOTA übernommene Leitbildelemente wie *Null Fehler* oder *100 Prozent Wertschöpfung* [LIKE06]<sup>11</sup>, sind zwar in ihrer Form argumentativ beschreibbar, erheben aber nicht den Anspruch, irgendwann tatsächlich einmal erreicht werden zu wollen [ROTH09a]. Dem hingegen gibt es Leitbilder, die tatsächlich als konkret erreichbares Ziel formuliert werden<sup>12</sup>.

Kennzahlen haben außerdem die Aufgabe den KVP messbar zu machen, also erfolgreiche KVP-Maßnahmen von nicht erfolgreichen Maßnahmen zu unterscheiden [DANI97]. Hierbei sollten allerdings monetäre Kennzahlen vermieden werden, weil diese für die Beschäftigten oftmals zu abstrakt sind und normalerweise wenig Aussagekraft an ihrem eigenen Arbeitsplatz haben [BOND99]. Sie müssen allerdings durch die Beschäftigten im Rahmen der KVP-Aktivitäten beeinflussbar sein [DANI97]. Zykluszeit und Takt können hier als beispielhafte Kennzahlen dienen, deren Verbesserung Einflüsse auf die Kosten und Liefertreue haben und das direkte Ergebnis von Veränderungen am Arbeitsplatz bilden [ROTH09a].

Quantitative Kennzahlen über das KVP-System selber dienen darüber hinaus als Reporting-Werkzeug, um über die Integration des KVP im Unternehmen zu berichten. Hier können Kennzahlen wie Beteiligungsquote an KVP-Workshops, Anzahl der eingereichten Vorschläge oder Verbesserungen erfasst werden [DGQ14], [BAU15]. Die Zielgruppengerechte Visualisierung von Kennzahlen ist ein Instrument zur öffentlichen Kommunikation der Ziele. So können Kennzahlen-Ziele als Ist- und Soll-Kennzahl graphisch visualisiert werden und die Abweichung zwischen den beiden Verläufen als Auslöser für Handlungen im KVP dienen [PETE09]. Wichtig ist dabei, dass die Ziele von der jeweiligen Zielgruppe verstanden werden, sodass die Beschäftigten erkennen können, ob ihre Handlungen im KVP Verbesserungen der Kennzahlen hervorrufen [KOST17].

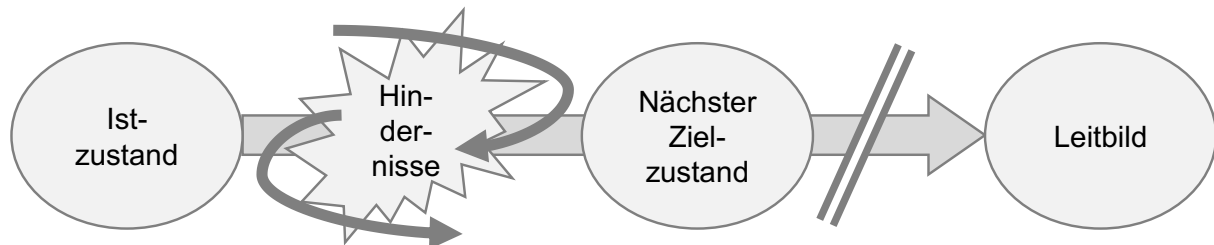
---

<sup>11</sup> Leitbilder werden auch als *Nordstern* bzw. *True North* bezeichnet [HINT12], so auch im Falle des *TOYOTA Nordsterns* [ROTH09a].

<sup>12</sup> Ein Beispiel dafür bildet die *5-Tage-Fabrik* in mehreren Unternehmen [METT11], [KNOR12], [ROHD14].



*Arbeits- und Prozessziele*<sup>13</sup> bilden die letzte Kategorie von Zielen für den KVP. Dieses Konzept verbindet quantitativ messbare Kennzahlen mit den Ergebnissen eines Arbeitsprozesses. Das Arbeitsziel beinhaltet so mehrere Ziele und beschreibt in der Summe eine Zukunft, weshalb im Rahmen des KVP der Begriff des Zielzustandes verwendet wird [SPEA99], [ABEL11b].

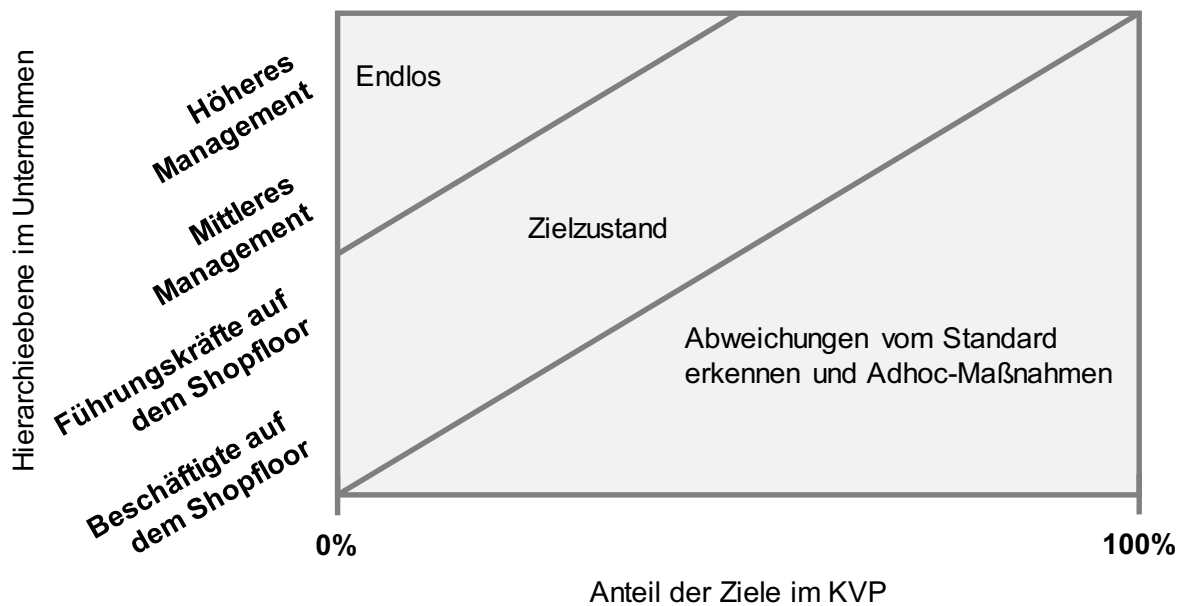


**Abb. 8: Das Zusammenwirken von Ist- und Zielzustand im KVP (in Anlehnung an [ROTH09a])**

Ein Zielzustand wird dabei immer zusammen mit einer vergleichenden Aufnahme der Ist-Situation, dem sogenannten Ist-Zustand erstellt (vgl. Abb. 8) [ROTH09a]. Nur so wird für den Beschäftigten klar, welche Prozesselemente in der Zukunft noch verändert werden müssen, und welche konstant bleiben sollen. Zielzustände können dabei kaskadiert werden, sodass sich ein Zielzustand beispielsweise von einem Gesamtzielzustand für die Produktion und der wiederum von einem Unternehmensleitbild ableiten können. Mit dem Erreichen eines Zielzustandes ist nicht schon das Endziel des KVP erreicht, sondern es folgt darauf der nächste Zielzustand, der sich an dem definierten Leitbild orientiert [ABEL11b].

Die vorgestellten Zielbestimmungsarten sind nicht exklusiv. Wie Abb. 9 zeigt, werden sie zum Beispiel abhängig von der Unternehmenshierarchieebene gestaffelt eingesetzt. So können auf der Wertstromebene (Kennzahlen-) Abweichungen im Prozess als Ausgangsbasis für KVP-Maßnahmen benutzt werden; auf Ebene der disziplinarischen Führungskräfte werden wiederum Zielzustände verwendet. Auf Geschäftsführungsebene ist der KVP *endlos* und orientiert sich zum Beispiel an den Leitbildern [IMAI86], [SMAL17].

<sup>13</sup> Beide Begriffe werden in der Literatur synonym verwendet, stammen aber ursprünglich aus dem Bereich der schlanken Produktion (*Zielzustand*) und dem Qualitätsmanagement (*Prozessziel*) [CACH13].



**Abb. 9: Die Zielausrichtung des KVP in Abhängigkeit von der Unternehmensebene (Übersetzung von [SMAL17])**

### *Entwicklung der Beschäftigten*

Langfristig sinnvoll erscheint nur ein strategischer KVP-Ansatz, welcher die Beschäftigten in den Mittelpunkt stellt [ROTH09a]. In der Balanced Scorecard wird die Beschäftigtenentwicklung mit anderen Zielebenen ins Verhältnis gerückt [KAPL09]. LIKER überträgt das TPS auf konkrete Managementgrundsätze, die er als TOYOTA-Methode bezeichnet, um das Ziel des kontinuierlichen unternehmensweiten Lernens zu erreichen (vgl. Abb. 10) [LIKE04]. „Die lernende Organisation“ [BESS01] bildet ein strategisches KVP-Ziel [LIKE07b]. Diese lernt und verbessert sich nicht selbst, sondern durch ihre Mitglieder (hier die Beschäftigten eines Unternehmens [GARC11]). Dazu sind anstelle von (Ergebnis-) Zielen, Verhaltensweisen und Routinen notwendig, welche von ROTHER als Kata bezeichnet werden; sie beschreiben im Kontext des KVP ein systematisches Vorgehen zum Identifizieren und Lösen von Problemen und dem Anleiten von Beschäftigten bei diesen Schritten [ROTH09a]<sup>14</sup>.

Dieser Zielansatz führt zu einem System, welches Veränderungen propagiert und benötigt daher überdurchschnittliche Fähigkeiten bei seinen Beschäftigten. Dies dient als Ausgangspunkt der Qualifizierung von diesen, was wiederum der Ausgangspunkt von Verbesserungen von anspruchsvolleren Arbeitssystemen ist [LIKE07a]. In diesem Zusammenhang sind allerdings keine formalen Qualifikationen im Sinne der Berufsausbildung gemeint, sondern die Entwicklung einer Fähigkeit zum Handeln, obwohl nur begrenzt Informationen über eine Situation vorliegen [MASO96].

<sup>14</sup> Für eine ausführliche Darstellung der Toyota Kata siehe die folgenden Kap. 2.3.2.1 und 2.3.2.2.

Dies wird als Kompetenz bezeichnet, die „Disposition selbständigen Handelns“ [ERPE07]<sup>15</sup>. Zusätzlich deckt der Begriff die motivationalen, volitionalen<sup>16</sup> und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten ab, um in einer unbekannten Situation handlungsfähig zu sein [WEIN01]. ABELE und REINHART weisen darauf hin, dass besonders der lebenslange Kompetenzerwerb das Ziel und gleichzeitig Ergebnis von Verbesserungsaktivitäten in der Produktion ist, welche durch kontinuierliche Lern- und Entwicklungsprozesse ermöglicht werden [ABEL11c].

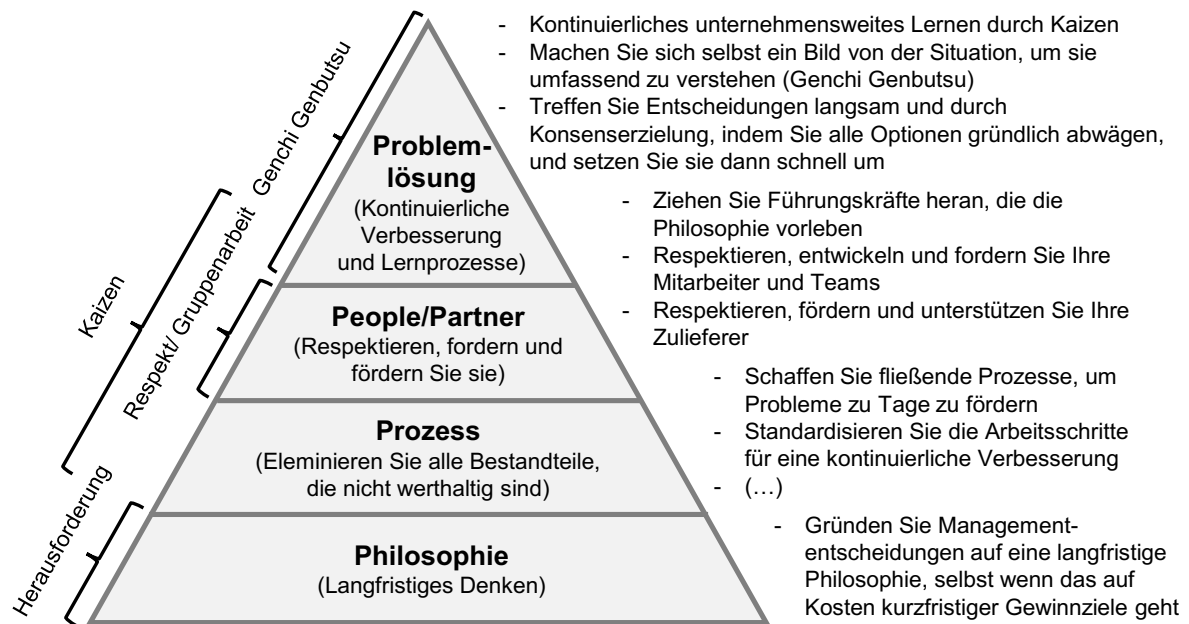


Abb. 10: Die TOYOTA-Methode als 4P-Modell [LIKE07b]

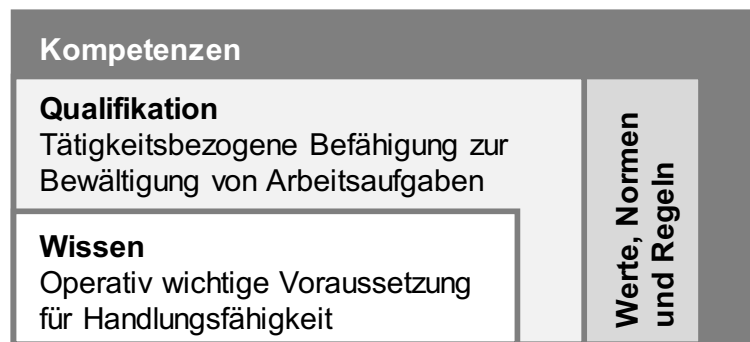
Der Kompetenzbegriff bleibt abstrakt; allerdings manifestieren sich Kompetenzen unter anderem in den Handlungen einer Person, was sie wiederum beobachtbar macht [CHOM62]. Wissen wiederum ist Grundvoraussetzung für erfolgreiches Handeln [HEYS04], [SCHE05] (vgl. Abb. 11). Wissen lässt sich in explizites und implizites Wissen unterscheiden, wobei implizites Wissen eindeutig kommunizierbar ist und von Unternehmen somit einfach gesichert werden kann; implizites Wissen wiederum ist nicht gedanklich greif- und formulierbar und entzieht sich somit einer einfachen Dokumentation [PITT11]. Wissen kann außerdem in *Sach-*, *Prozess-*, *Begründungs-* und *Bezugswissen* unterteilt werden [PITT11], [TENB11b]. Sach- und Prozesswissen formen das

<sup>15</sup> In diesem Zusammenhang wird in der (Schul-) Pädagogik noch zwischen der Kompetenz (der reinen Fähigkeit) und der Performanz (dem Zeigen der Handlung) unterschieden [NYHU08], wobei beide Sachverhalte in der Technikdidaktik unter dem Element der Kompetenz zusammengefasst werden [ERPE07], was hier ebenso gehandhabt werden soll.

<sup>16</sup> Dies meint die Überwindung von inneren und äußeren Widerständen.

*Professionswissen* welches erlaubt, Ablaufschritte einer Handlung zu beschreiben. Begründungs- und Bezugswissen werden benötigt, um eine Handlung durchzuführen bzw. abzuwandeln und in einer anderen Situation anzuwenden [PITT11]. Erst alle vier Wissensarten zusammen ermöglichen eine Handlungsflexibilität, die im KVP notwendig wird [CACH13].

Beschäftigte können außerdem bezüglich ihrer Qualifikation entwickelt werden. Sie werden so mit tätigkeitsbezogenen kognitiven Kenntnissen, Fertigkeiten und Arbeitserfahrungen ausgestattet, um eine gewisse Arbeitsaufgabe ausführen zu können [SCHE05]. Hier fehlt allerdings die Handlungsfähigkeit sich neue Qualifikationen anzueignen und diese in neuen Handlungen anzuwenden [OTT07]. Der Kompetenzbegriff fasst allerdings nicht nur diese zusammen, sondern beinhaltet auch Regeln, Werte und Normen, um auch in unbekannten, unsicheren und komplexen Umgebungen handlungsfähig zu sein (vgl. Abb. 11) [ERPE07].



**Abb. 11: Zusammenhang zwischen Wissen, Qualifikation und Kompetenzen [HEYS04], [CACH13]**

### 2.3.1.2 Wirkungsform

In seiner Wirkungsform kann der KVP in einen reaktiven und proaktiven KVP unterschieden werden. Wohingegen der reaktive KVP auf die Absicherung des Status Quo abzielt und diesen kleinschrittig verbessert, zielt der proaktive KVP auf eine aktive Weiterentwicklung eines Zustandes ab.

Da im Rahmen des reaktiven KVP ein Standard bereits vorliegt [ABEL11b], geht dieser sehr eng mit dem Instrument des *Shopfloor Managements* (SFM) einher, welches unter anderem ebenfalls die Problemfindung, Sicherung und Wiederherstellung eines Standards in der täglichen Arbeit betreibt [HERT18]. SFM stellt hier ein geeignetes Instrument dar, um den mitarbeitergetriebenen KVP in der Produktion zu institutionalisieren und in standardisierten Kennzahlenbesprechungen Abweichungen zu entdecken; diese wiederum bilden den Ausgangspunkt für entsprechende Problemlösungsmaßnahmen,

um den Standard wieder zu erreichen [ABEL11b]<sup>17</sup>.

Im proaktiven KVP liegt noch kein Standard vor, dieser entsteht erst während des Verbesserungsprozesses [ABEL11b]. Ein reaktiver KVP bedingt allerdings ein Ziel, um so eine strategische Ausrichtung zu haben, welche Aspekte eines Arbeitsplatzes oder Wertstroms hinterfragt und angepasst werden müssen [CRAN00], [ROTH09a]. Auch wenn in beiden Wirkungsformen eine kleinschrittige, schnelle Herangehensweise gefordert wird, so hat nur der proaktive KVP eine langfristige Ausprägung, welche durch kaskadierte Zielzustände für eine einzelne Verbesserungsaktivität heruntergebrochen wird<sup>18</sup>. Die beiden KVP-Ansätze schließen sich nicht aus, sondern wirken zusammen mit innovativen oder disruptiven Verbesserungsansätzen die zum Beispiel in Form von Projekten Standards schaffen. Diese wiederum müssen kontinuierlich erhalten und weiter verbessert werden [CACH15].

### 2.3.1.3 Beteiligungsform und Rolle der Beteiligten

Die Beteiligungsform des KVP bestimmt maßgeblich welche Rollen von den einzelnen Akteuren des KVP wahrgenommen werden. Grundsätzlich lassen sich zunächst freiwillige und verpflichtende Teilnahme am KVP definieren. Freiwillige Teilnahme fokussiert sich zumeist auf das Vorschlagswesen, allerdings stellt CACHAY fest, dass es durchaus umstritten ist, ob das BVW deutscher Ausprägung (vgl. Abb. 4, S. 9) überhaupt zum KVP dazugezählt werden kann [CACH13], da es auf einer ganz anderen Ausgangssituation, als der japanische Kaizen-Ansatz beruht. Das BVW wurde in diesem Zusammenhang schon mehrfach als nicht mehr notwendig bezeichnet, allerdings zeigen die guten Erfahrungen die die meisten Unternehmen mit diesem System gemacht haben, dass dies in der betrieblichen Praxis nicht unbedingt korrekt ist [KERS06]. Zusätzlich zum BVW gibt es auch Autoren die Projektgruppen und Qualitätszirkel zu den freiwilligen KVP-Arten zählen [HAHN00].

Im Gegensatz zu der freiwilligen KVP-Beteiligung, in der neben einem Entscheidungsgremium, sonst keinerlei Rollen für die Beschäftigten definiert werden, da jede Person Vorschläge einbringen kann, sind die verpflichtenden KVP-Systeme formalisierter. So lassen sich zunächst KVP Systeme definieren, in der die Einbringung von Verbesserungsideen verpflichtend ist, was auch so im Arbeitsvertrag dokumentiert wird [HAHN00], [EYER04]. Das Unternehmen SIGA aus der Schweiz erwartet zum Beispiel

---

<sup>17</sup> LIKER bezeichnet den reaktiven KVP auch als „Maintenance Kaizen“ [LIKE11], welcher so die Stabilität von Produktionsprozessen sicherstellt.

<sup>18</sup> Das Konzept der Ziele im KVP wird ausführlich im folgenden Kap. 2.3.1.1 erläutert.

50 Verbesserungsvorschläge pro Beschäftigten in einem Jahr, was mehr als ein Verbesserungsvorschlag pro Arbeitswoche bedeutet [HANN15]. Diese Form des KVP wird daher als *Mitarbeiter/ Beschäftigten-KVP* bezeichnet [MARK16]. Relativ häufig wird hier auch das SFM in den KVP integriert, da gefundenen Abweichungen auch Auslöser von grundsätzlichen Verbesserungsmaßnahmen sein können bzw. in der Praxis teilweise komplett verschwimmen (siehe Kap. 2.3.1.1 und [DÖRI16a])<sup>19</sup>.

Der *Experten-KVP* ist ebenfalls eine Form des verpflichtenden KVP, hier werden aber vor allem bestimmten Personenkreise für den KVP eingesetzt. Diese führen regelmäßige KVP-Workshops mit einzelnen Abteilungen durch, wobei die Teilnahme für die Abteilungen verpflichtend ist, die Workshops aber durch die Experten initialisiert werden [HAHN00]. Es werden eine Reihe von Rollen benötigt, die auch über entsprechendes Wissen, Qualifikationen und Kompetenzen verfügen müssen. Werden dem Management und den Beschäftigten vor allem reines KVP-Wissen zugewiesen, benötigten die KVP-Experten, -Trainer und -Beauftragten auch die Kompetenzen Workshops moderieren, Probleme lösen und Ergebnisse visualisieren zu können; dazu kommt die Fähigkeit die Methoden der schlanken Produktion auch anwenden zu können [DGQ14]. Die Personen stammen dabei zumeist aus der Arbeitsvorbereitung, Industrial Engineering oder sogar externen Beratern ab [LIND97], [SPRI99]. Für die Schulung dieser Rollen, müssen entsprechende Kapazitäten zur Verfügung stehen [BART01]. Die KVP-Workshops setzen außerdem voraus, dass auf betrieblicher Ebene regelmäßig Zeiten für diese eingeräumt werden; so steht beim obigen Beispiel des Unternehmens SIGA, alle zwei Wochen am Freitag die Produktion still, um an KVP-Maßnahmen zu arbeiten [HANN15].

In anderen KVP-Systemen statten die Führungskräfte den KVP mit Zielen aus, initiieren diesen und Übertragen den Beschäftigten die Aufgabe der Umsetzung von KVP-Maßnahmen [MARK16]. Sie leiten die Beschäftigten nur noch beim Durchführen von KVP-Maßnahmen an und müssen Sie dabei unterstützen, wenn diese auf Hindernisse stoßen [SUZA93]. Dies benötigt allerdings ein komplett anderes Selbstverständnis von Führungskräften, wozu diese geschult werden müssen [LIND97].

Grundsätzlich muss allerdings in allen Arten der KVP-Ausprägung darauf geachtet werden, dass die Beschäftigten sich entsprechend in den KVP einbringen, also an diesem partizipieren [ZINK07]. Studien zeigen, dass die Partizipation besonders in nicht-Experten-getriebenen KVP-Systemen sehr hoch ist, da hier Beschäftigte regelmäßig an

---

<sup>19</sup> So verwendet der Unternehmen Kärcher den Begriff SFM überhaupt nicht und fasst alle produktionsgetriebenen Verbesserungsaktivitäten reaktiver und proaktiver Art als KVP zusammen mit entsprechenden KVP-Boards, KVP-Besprechungen, etc. [KNÜP13].

Entscheidungen, was verbessert werden soll, beteiligt werden [BART01]. Unabhängig von der gewählten Form der Partizipation, bedeutet die Einbeziehung der Beschäftigten in Entscheidungsprozesse immer eine Verbesserung der Produktivität, der Arbeitsergebnisse und der Beschäftigtenzufriedenheit [KATO95], [REIC07]. Sie stärkt darüber hinaus die Identifikation mit einer Aufgabe und erhöht so die Motivation zur Durchführung dieser [ROSE87]. Im Gegensatz dazu sinkt das Vertrauen in eine Führungskraft und damit die Motivation für die Teilnahme an Verbesserungsaktivitäten, wenn gemeinsam beschlossene Verbesserungsziele anschließend nicht umgesetzt werden [GRIN13]. CACHAY bezeichnet deshalb eine hohe Beschäftigtenmotivation als Voraussetzung für erfolgreiche KVP-Aktivitäten [CACH13]. Auch die Rahmenbedingungen eines Arbeitsplatzes, die von Führungskräften geschaffen werden, sind Elemente, die die Motivation erhöhen; dies gilt beispielsweise bei der Übertragung von Verantwortlichkeiten für Prozesse, Produkte oder Investitionen [RÖHR09].

Hier sind verpflichtende KVP-Systeme im Vorteil, weil diese Arten des KVP per se Teil der täglichen Arbeit sind und so auch entsprechend priorisiert werden. Dazu können Schulungen zielgerichtet eingesetzt werden [BART01] und außerdem Kompetenzbarrieren aufgehoben werden [STRA98], ein Aspekt, der wiederum leichter in einem verpflichtenden Führungskräfte-getriebenen KVP umzusetzen ist [REIC07]. Allerdings können andere Aspekte wie die soziale Anerkennung, also das Loben durch eine Führungskraft, und die materielle Anerkennung, also zum Beispiel Geldprämien oder bezahlte Weiterbildungen auch sehr erfolgreich in nicht-verpflichtenden KVP-Systemen wirken [DGQ14].

#### 2.3.1.4 Zeitliche Dauer

Die zeitliche Dauer des KVP zielt auf die Länge der Aktivitäten im KVP ab. Hier kann zwischen zeitweise stattfindenden und kontinuierlichen Aktivitäten unterschieden werden. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, bilden Workshops oder Kaizen-Events einen wichtigen Teil des KVP; diese finden wie Projekte per Definition nur zeitweise statt [IMAI86], [AKEN10]. CACHAY stellt hier allerdings eine gewisse begriffliche Unschärfe fest, da regelmäßig stattfindende Workshops<sup>20</sup> durchaus eine Regelmäßigkeit bedeuten und der Begriff KVP die Kontinuität in sich trägt [CACH13]. Andere Ausprägungen, wie das BVW, sind tatsächlich dauerhaft aktiv, weil Beschäftigte zu jeder Zeit Vorschläge machen können; allerdings verzögert in schlecht designten BVW das Frei-

---

<sup>20</sup> Siehe dazu das Beispiel des Unternehmens SIGA mit zweiwöchentlichen und damit regelmäßigen KVP-Workshops in allen Produktionsbereichen (vgl. Kap. 2.3.1.3).

gabegremienkonzept wiederum die dauerhafte und kontinuierlich laufende Verbesserung [MILL03], [DOMB07].

### 2.3.1.5 KVP-Fokus

Mit dem KVP-Fokus wird beschrieben auf welcher Ebene eines Wertstroms Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. In einem *Punkt-KVP* werden Verbesserungen in einem Prozessschritt durchgeführt; in einem *Fluss-KVP*<sup>21</sup> wird der gesamte Wertstrom fokussiert [LIKE06]. Im ersteren KVP-Ansatz werden die Abläufe an einem einzelnen Arbeitsplatz adressiert und die Interaktion zwischen den Beschäftigten, wie die Übergabe von Halbzeugen. Im zweiten KVP Fokus werden vor allem die Informations- und Materialflüsse betrachtet; diese decken den gesamten Wertstrom ab. Das Zusammenwirken beider Ebenen ist für den KVP dabei wichtig. [ROTH09b], [LIKE11].

Diese Fokussierung hängt direkt mit der Ausrichtung des jeweiligen Beschäftigten zusammen. So erhöht sich der Wertstrom-Fokus eines Beschäftigten je höher dieser in der Organisation angesiedelt ist – er wird zum *Wertstrommanager* [ROTH09b]. Auf der anderen Seite werden auf der Shopfloorebene fast ausschließlich Verbesserungen an einzelnen Prozessschritten durchgeführt (vgl. Abb. 9, S. 16).

### 2.3.1.6 Rolle der Führungskraft

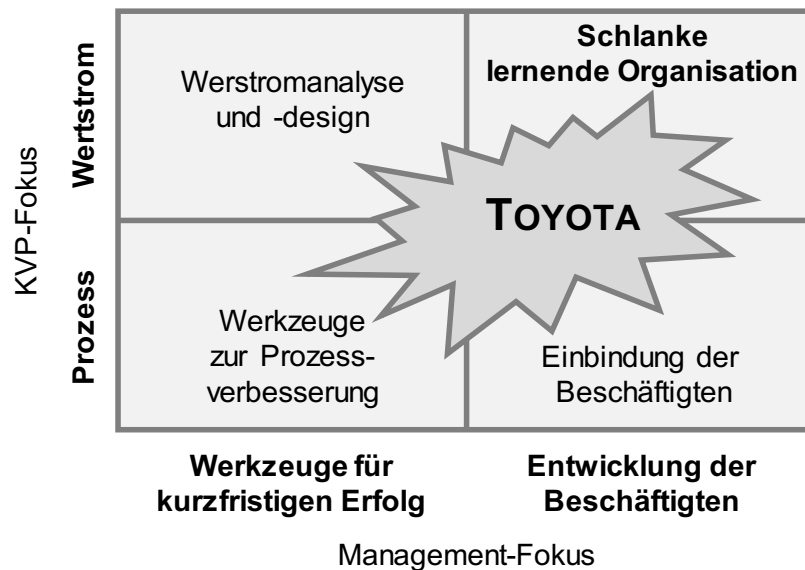
Eine Führungskraft als *methodischer Experte* muss vor allem die entsprechenden Methoden und Werkzeuge für die Prozessschrittverbesserung zur Verfügung stellen und an die Beschäftigten vermitteln, wobei LIKER hier kritisiert, dass damit nur kurzfristige Verbesserungsergebnisse erzielt werden können (vgl. Abb. 12) [LIKE06]<sup>22</sup>. Dies setzt voraus, dass eine Führungskraft bessere Problemlösungs- und Methodenkompetenzen besitzt als die abhängigen Beschäftigten [ROTH09a]. Eine Führungskraft muss außerdem erkennen, wenn Veränderungen Auswirkungen auf andere Wertströme oder Bereiche haben und diese mit den entsprechenden Führungskräften vor Ort abstimmen [DANI97], [YUKL13].

---

<sup>21</sup> ROTHER und SHOOK sprechen hier von einem *Fluss-* und *Prozess-Kaizen*, die äquivalent verwendet werden [ROTH09b].

<sup>22</sup> Dies deckt sich mit der bereits angesprochenen Diskussion zu der Wirksamkeit unterschiedlicher Zieldimensionen (vgl. Kap. 2.3.1.1).





**Abb. 12: Aufgaben von Führungskräften im KVP [LIKE06]**

Liegt der Führungsfokus auf der *Entwicklung der Beschäftigten als Coach*, so muss wie bereits angesprochen, vor allem die Partizipation im KVP sichergestellt werden [KIRN11]. Voraussetzung dafür, Partizipation anzunehmen, sind aber wiederum lernfähige und -willige Beschäftigte, die die Kompetenzen und Freiheiten besitzen mit dieser Einbeziehung überhaupt umzugehen [STRA98]. So müssen diese geschult werden, um Verbesserungsprozesse entsprechend durchführen zu können [BART01]. Neben den bereits angesprochenen neuen Aufgaben im Wertstrommanagement – auf Meisterebene auch *Prozessmanagement* – liegt die Aufgabe der Führungskraft im Schaffen der lernenden Organisation durch die Entwicklung von Zielen und das Ermöglichen von Lernprozessen [KLEI05]. Die Führungskraft hat also nicht die Aufgabe die Verbesserungen selber umzusetzen, sondern leitet zur Prozessverbesserung an [SPEA99], [ABEL11b]. Historisch gesehen wird hier ein Paradigmenwechsel gefordert, da die Aufgabe einer Führungskraft sich so von der fachlichen Führung, also dem Anspruch der beste Problemlöser in einem Bereich zu sein, hin zu einem Motivator und Coach bewegt [MASO96], [KLEI05]. RAUEN definiert Coaching als

eine Kombination aus individueller Hilfe zur Bewältigung verschiedener Anliegen und persönlicher Beratung auf der Prozessebene. In einer solchen Prozessberatung macht der Coach keine direkten Lösungsvorschläge, sondern der Gecoachte [...] wird unterstützt, eigene Lösungen zu entwickeln. Als Prozessberater forciert der Coach [...] das Erkennen von Problemursachen, Coaching dient daher nicht nur der Bearbeitung von Problemsymptomen, sondern zur Identifikation und Lösung der zum Problem führenden Prozesse. Der Gecoachte lernt so im Idealfall, seine Probleme selbst zu lösen, klare Ziele zu setzen und wieder eigenständig effektive Ergebnisse zu produzieren [...]. [RAUE08]

In der Literatur sind eine Reihe von Coachingformen bekannt, wobei die folgende Übersicht in Abb. 13 einen Überblick über die Weitläufigkeit des Themas geben soll<sup>23</sup>. Die im Rahmen des KVP gemeinte Form entspricht die des Prozesscoachings, also ein eins-zu-eins Coaching mit einem internen Coach, wobei besonders in der Einführungsphase des KVP ein Coaching durch externe Berater auftreten kann (vgl. Kap. 2.3.2.2).

Neben dieser „Hilfe zur Selbsthilfe“ [RAUE08] bzw. dem in diesem Zusammenhang gleichbedeutenden „Empowering people for continuous improvement“ [SUZA93], muss eine Führungskraft auch erkennen, wann ein Beschäftigter Hilfe bei dem Aufbau von Kompetenzen benötigt, er also geschult werden muss. Dies kann er zum einen als klassischer Lehrer in formellen oder formell-unterstützten Lernprozessen tun, zum anderen können die entwickelten Verbesserungsziele als Lernauslöser dienen, sodass ein Beschäftigter die Autonomie über seinen Lernprozess behält. Dies wirkt sich positiv auf die Kompetenz zur Selbstorganisation und die Verbesserungsmotivation aus, also die Fähigkeit und den Willen in Problemsituationen eigenständig zu handeln [TENB11a].

Anzahl Gecoachte Art des Coaches	Ein Teilnehmender/ Einzelcoaching	Viele Teilnehmende/ Gruppencoaching
Externe	Führungskräfte-Coaching	-
Intern	Vorgesetzten-Coaching	-
Extern oder intern	<b>Prozesscoaching</b> Frauen-Coaching, Fach-Coaching und Bildungscoaching	Team-Coaching, System-Coaching und Projekt-Coaching
	Tele- und Online-Coaching, Culture-Coaching und Konflikt-Coaching	

**Abb. 13: Unterschiedliche Ausprägungen von Coaching (aus [MÜLL16] basierend auf [BÖNI08], [RAUE08], [LIPP13])**

### 2.3.2 Elemente und Routinen

Die Frage stellt sich allerdings wie ein dauerhafter Betrieb des KVP gewährleistet werden kann und welche Faktoren dabei einen besonderen Einfluss haben. Einer der wichtigsten Instrumente bilden laut BESSANT und CAFFYN „Routinen“ [BESS97], also Verhaltensmuster, die regelmäßig wiederholt und in einem Unternehmen dokumentiert und verankert sind [NELS85]. Diese Routinen können allerdings nicht einfach erlernt und

<sup>23</sup> Rother verwendet die Begriffe *Mentor* und *Mentee* oder *Lerner* [ROTH09a]. In der Coaching-Forschung werden dagegen die Begriffe *Coach* und *Coachee* benutzt [DRUC98], welche im Folgenden begriffsäquivalent verwendet werden sollen.

dann nach Bedarf abgerufen werden, sondern müssen, wie der Name andeutet, regelmäßig im Rahmen von institutionalisierten Durchführungen angewendet werden [TEEC97], [BESS01]. Auch wenn es eine Reihe von Konzepten für Routinen im KVP gibt (vgl. Kap. 2.3.2.1 und 2.3.2.2), müssen diese trotzdem jeweils an das entsprechende Unternehmen angepasst werden [TEEC97]. Als Beispiele für solche Routinen, nennt CACHAY beispielsweise das SFM; hier sind besonders die Instrumente der regelmäßigen Treffen an einer Shopfloor-Tafel zum Abgleich von Ist- und Ziel-Zuständen, Checklisten, die den Ablauf der Besprechungen festlegen und Rollenbeschreibungen, die jeder Führungskraft und Beschäftigtem eine Aufgabe im SFM zuweist, relevant [ABEL11d], [ABEL12b].

### 2.3.2.1 Die PDCA- und Verbesserungsroutine

Der PDCA-Zyklus bildet das zentrale Vorgehen in allen KVP Ausprägungen. Er basiert auf dem Konzept der heuristischen Problemlösungsstrategien [LIKE11]. Dabei wird für ein zu lösendes Problem zunächst eine Hypothese aufgestellt, diese geprüft und das Ergebnis der Überprüfung dann evaluiert. Es wird also tatsächlich nach einer Lösung gesucht, ohne eine Garantie zu haben auch eine Lösung zu finden [HIPP95]. Heuristische Problemlösungsansätze bieten allerdings den Vorteil auf prinzipiell jedes Problem ansetzbar zu sein, wohingegen algorithmische Ansätze per se immer nur auf ein jeweils definiertes Problem angewendet werden können [HACK14].

Der PDCA-Zyklus basiert auf den Arbeiten von SHEWHART und DEMING [DEMI90] und wird heute in mehreren Ausprägungen in einer Reihe von Managementsystemen und Qualitätsstandards verwendet [BECK08]. So ist er wichtiger Bestandteil der DIN EN ISO 9000 [DIN15]; er wird aber in Form des DMAIC- [GÜNT09], SDCA-Zyklus [IMAI97] oder 8D/ 4D-Reports [JUNG17] auch abgewandelt, um an das statistische Qualitätsmanagement angepasst zu werden, Prozesse zu standardisieren oder weitere Elemente im Bereich der Führung von Beschäftigten aufzunehmen<sup>24</sup>. Kern aller Ausprägungen ist allerdings die Repetitivität des PDCA, in dem ein Sachverhalt analysiert, ein Ziel formuliert, die Umsetzung geplant, umgesetzt und anschließend der Erfolg der Umsetzung in Hinblick auf das geplante Ziel festgestellt wird. Dem schließt sich der nächste PDCA an [CACH13].

ROTHER greift das Prinzip des PDCA auf und überführt dieses in einen neuen Ablauf, den er als Verbesserungs-Kata oder Verbesserungsroutine bezeichnet [ROTH09a]. Eine Kata bezeichnet dabei eine Abfolge von Schritten, die – wie die Bewegungsmuster in

---

<sup>24</sup> Für eine umfassende Übersicht über alle Ausprägungen des PDCA-Zyklus vgl. [CACH13].

einer Kampfsportart – trainiert und wiederholt werden, bis Sie in „Fleisch und Blut“<sup>25</sup> übergegangen sind. Dabei setzt sich die Verbesserungs-Kata aus einer Planungs- und Umsetzungsphase zusammen (vgl. Abb. 14). LIKER und FRANZ verfolgen einen ähnlichen Ansatz und sehen den PDCA als Instrument zur gleichzeitigen Entwicklung der Organisation und seiner Ziele, als auch der Beschäftigten [LIKE11].

### Plan-Phase

Hier wird zunächst im *Schritt (1)* ein *übergeordnetes Ziel definiert*. Dies ist nicht alleinige Aufgabe des Prozessverbesserers, sondern geschieht in Abstimmung mit der Führungskraft<sup>26</sup> und gibt dem KVP eine übergeordnete Ausrichtung. Im nächsten *Schritt (2)* muss die *aktuelle Situation* von dem Prozessverbesserer analysiert werden. ROTHER führt dafür eine weitere Routine ein, die er als *Prozessanalyse-Kata* bezeichnet [ROTH15]. In dieser werden beispielsweise Arbeitsergebnisse des im Fokus liegenden Prozesses oder Zykluszeiten aufgenommen, um festzustellen, wo überall im Prozess Verschwendungen auftreten; daraus wird berechnet, wie viele Beschäftigte notwendig wären, um das geforderte Arbeitsergebnis zu erreichen. Zum Einsatz kommen eine Reihe von Formblättern und Instrumenten wie Ishikawa-Diagramme, Kunden-Takt-Berechnungen, Swimlane-Diagramme auf der Prozessebene und Wertstromdarstellungen auf der Wertstromebene [AULI17].

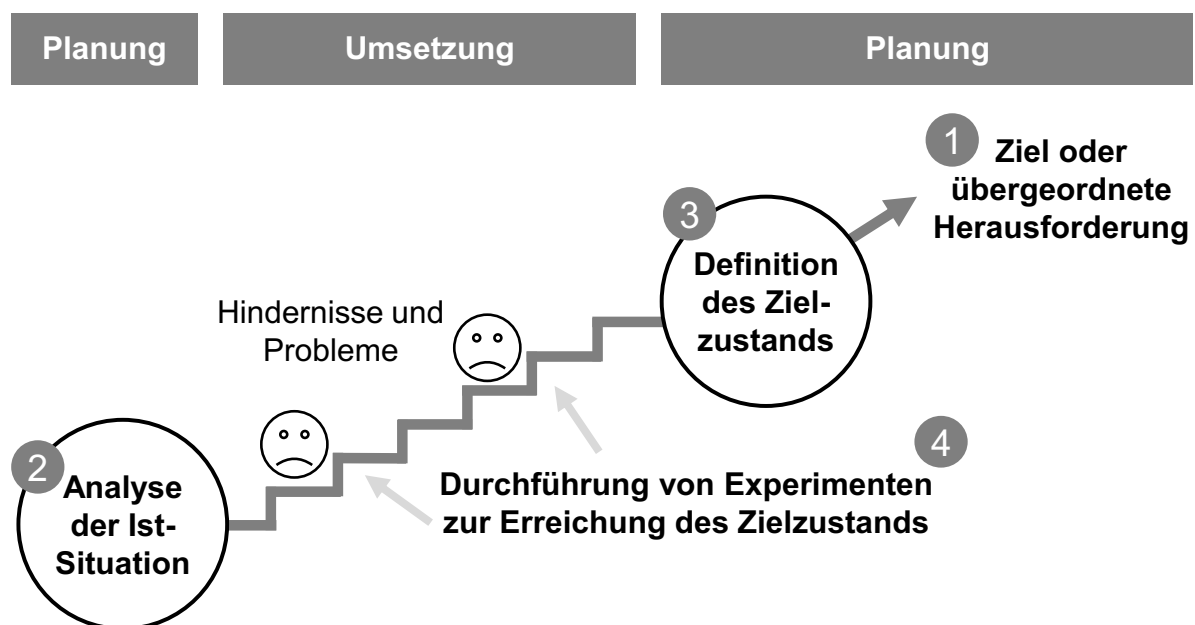



Abb. 14: Die Verbesserungs-Kata nach ROTHER (mit Anpassungen aus [ROTH09a])

<sup>25</sup> NADEAU verwendet hier den Ausdruck des „Learning with the Body“ (zitiert nach [ROTH17]).

<sup>26</sup> ROTHER bezeichnet den Prozessverbesserer als *Learner* und die zugeordnete Führungskraft als *Coach* [ROTH09a].

Diese Ergebnisse werden in einer zweiseitigen Darstellung dokumentiert und dienen als Ausgangspunkt für den nächsten *Schritt (3)*, dem Abgleich des Ziels mit dem Ist-Zustand, welcher zur *Erstellung eines Zielzustandes* führt. Dieser wird wiederum gemeinsam mit der Führungskraft erstellt und hat im Gegensatz zu dem übergeordneten Ziel einforderbare konkrete Ziele (wie eine Ziel-Zykluszeit) und einen zeitlichen Umsetzungshorizont [CACH13]. Die zweiseitige Darstellung unterstützt dabei den schnellen Abgleich zwischen Ist- und Zielzustand, was in dem kommenden – von ROTHER als Experimente-Phase bezeichneten Schritt – relevant ist [ROTH18]. Das in Abb. 15 dargestellte Formblatt, ist ein Vorschlag für die Darstellung eines Zielzustands mit Teilelementen wie Skizzen, Kennzahlen und qualitative Prozesskennzahlen, welches sich an das A3-Problemlösungsvorgehen anlehnt [CACH13]<sup>27</sup>. Eine Reihe von anderen Autoren reduzieren den Zielzustand auf eine reine T-Darstellung mit nur zwei Spalten, in denen sich Werte des Ist- und Zielzustands direkt gegenüber stehen [SCHW16a], [AULI17].

Proaktiver Verbesserungsprozess: _____			Verantwortlich: _____	
<b>Zielzustand</b> <div style="display: flex; border: 1px solid black; height: 150px; margin-top: 10px;"></div> <div style="display: flex; border: 1px solid black; margin-top: 5px;"> <div style="width: 150px; height: 100px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Output</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Mensch</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Arbeits- und Sachmittel</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Ablauf</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Skizze</div>		<b>Ist-Zustand</b> <div style="display: flex; border: 1px solid black; height: 150px; margin-top: 10px;"></div> <div style="display: flex; border: 1px solid black; margin-top: 5px;"> <div style="width: 150px; height: 100px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Output</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Mensch</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Arbeits- und Sachmittel</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Ablauf</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Skizze</div>		
Plan		Do	Check	Act
Nächstes Hindernis	Hypothese zum Hindernis	Experiment zur Hypothese/Analyse	Ergebnis	Status I/Z
				

**Abb. 15: Eine Zielzustands-Darstellung nach CACHAY [CACH13]**

<sup>27</sup> Die A3-Problemlösung stammt ursprünglich von TOYOTA. Die Bezeichnung bezieht sich auf die DIN A3 Blattgröße und beinhaltet eine Reihe von auszufüllenden Feldern, um ein Problem nachhaltig zu lösen. Die inhaltlichen Schritte folgenden wiederum grob dem PDCA-Zyklus [SHOO10].

### *Do-Phase*

Allen Ansätzen ist allerdings gemein, dass sie die Do-Phase des PDCA-Zyklus im anschließenden *Schritt (4)* für das Erreichen des Zielzustandes nicht als reine Umsetzung verstehen, sondern diesen als *wissenschaftliches Experiment* ansehen [LIKE06]. Dabei wird das Konzept des *Scientific Thinking* zu Grunde gelegt, welches auf dem Anlegen einer Hypothese, der experimentellen Versuchsdurchführung zum Beweis der Hypothese und der anschließenden Bewertung des Experimentes basiert [SOBE11]. Ausgangspunkt der Hypothese bildet ein Hindernis, das verhindert, dass der Zielzustand erreicht werden kann. Die Auswahl des konkreten nächsten Hindernisses steht dabei nicht im Fokus, sondern die Tatsache, dass nur ein Hindernis in der Umsetzungsphase adressiert und entsprechend nur ein Parameter in einem Experiment verändert wird, was als *1-Faktor-Experiment* bezeichnet wird. Der Grund dafür liegt in der Gefahr der Überdeckung von mehreren Veränderungen in einem Experiment, die teilweise positive, aber auch negative Auswirkungen auf das Beseitigen des Hindernisses haben können [ABEL12b], [ROTH15].

Die Veränderungen der aktuellen Ist-Situation werden auf dem entsprechenden Formblatt dokumentiert (vgl. Abb. 15). In Anlehnung an das SFM kommen KVP-Boards zum Einsatz an denen die Formblätter dauerhaft verbleiben und weitere Elemente wie einen Hindernis Parkplatz und Diagramme aufweisen. Hier findet auch die primäre Kommunikation mit der Führungskraft statt (vgl. Kap. 2.3.2.2) [ROTH17]. Durch dieses kleinschrittige Vorgehen und die laufende Dokumentation wird der Lernprozess der Prozessverbesserer gefördert, da Erfahrungen direkt nach dem Auftreten dokumentiert werden können [KOST17]. Die schnelle Rückmeldung im Umsetzungszyklus wirkt sich ebenso positiv auf die Motivation für Verbesserungen aus [CACH13]. Die Formblätter dienen zudem zur Kommunikation und Verbreitung von personalem Wissen zwischen den Beschäftigten, wobei dieser Austausch auch durch ein entsprechendes Wissensmanagement sichergestellt werden muss [BESS01], [PFEI14]<sup>28</sup>. Die Ergebnisse einer KVP-Maßnahme können Auswirkungen auf andere Bereiche oder Prozesse haben, die somit entsprechend informiert werden müssen [BAUM15].

### *Check-Phase*

In der anschließenden Check-Phase wird das Ergebnis des Experiments dahingegen ausgewertet, ob eine Annäherung an den Zielzustand stattgefunden hat. Dabei sind auch fehlgeschlagene Experimente von Relevanz, da diese als Ausgangspunkt der Lernens

---

<sup>28</sup> Für diese Aufgabe wird in japanischen Lean-geprägten Unternehmen die Rolle des *Yokoten* vorgesehen [LIKE11].

verstanden werden [LIKE12]. Dies setzt allerdings eine positive Fehlerkultur im Unternehmens voraus: Gemachte Fehler dürfen nicht zu Sanktionen der Beschäftigten führen, sondern im Gegenteil als Teil des Lernens dienen [TOYO01], [DGQ14].

### *Act-Phase*

Die den PDCA abschließende Act-Phase dient als Vorbereitung für den nächsten PDCA-Zyklus und nimmt die Veränderung – bei einer Annäherung an den Zielzustand – in den Ist-Zustand auf oder verwirft das Experiment und dokumentiert den nicht erfolgreichen Lösungsweg im Zielzustand [CACH13]<sup>29</sup>. Hier zeigt sich wieder die Wichtigkeit der Fehlerkultur im Unternehmen: Die aktive Verbreitung eines Nichtfunktionierens einer möglichen Problemlösung, ist in diesem Zusammenhang möglicherweise auch für andere Beschäftigte relevant und ist außerdem ein wichtiger Indikator für den Umfang der Unterstützung durch die Führungskraft, was im Folgenden beschrieben werden soll.

#### 2.3.2.2 Die Führungsroutine

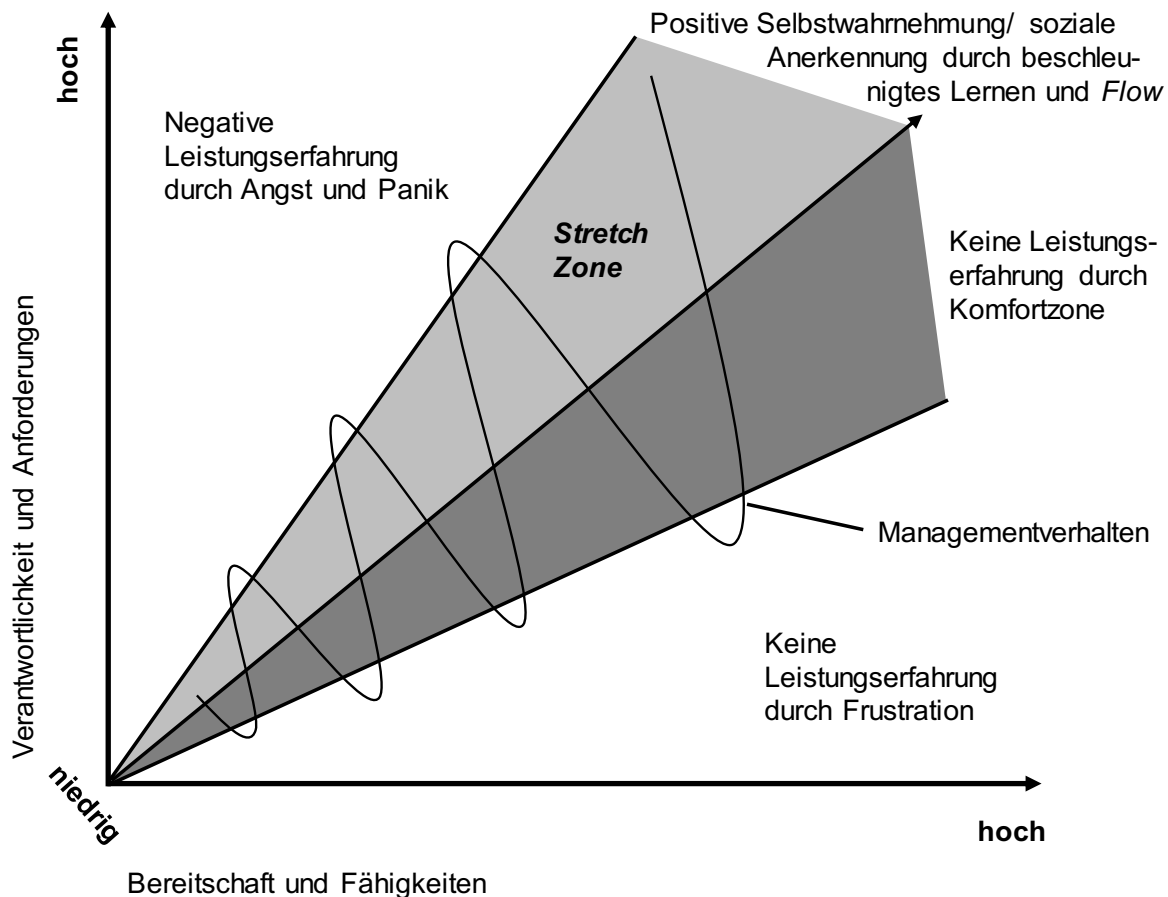
Wie in Kap. 2.3.1.3 und 2.3.1.5 beschrieben, liegt die Rolle der Führungskraft im KVP vor allem in dem Setzen von Zielen für und dem Unterstützen bei der Durchführung von Verbesserungsaktivitäten. Laut ROTHER bildet das Unternehmen TOYOTA diese Aufgaben mit einer Führungsroutine ab und richtet die Aufgabe einer Führungskraft ganz nach diesem Konzept aus (vgl. Abb. 12, S. 23). CACHAY zeigt allerdings anhand zweier Studien, dass diese für die meisten Führungskräfte ungewohnte, neue Rolle einen hohen Nutzen für ein Unternehmen liefert, so also Produktionskennzahlen und der Produktionserfolg erhöht werden kann [KRIS07], [KATH10], [CACH13]; generell erhalten die meisten Beschäftigten anderer Unternehmen zu wenig Anleitung im KVP [DANI97].

Im Bereich des Setzens von Zielen muss eine Führungskraft in der Rolle eines Coachs darauf achten, einen Prozessverbesserer, der hier als Coachee fungiert, weder zu über-, noch zu unterfordern [WILD15]. Hier kommt das von CSIKSZENTMIHALYI entwickelte Konzept des Flow zum Einsatz: Der Begriff beschreibt einen Zustand des Arbeitens in dem herausfordernde, aber erreichbare konkrete Ziele eine positive Auswirkung auf die Zufriedenheit haben [CSIK14]. Dieser Zustand entsteht vor allem, wenn die Anforderungen eines Ziels das bisherige Fähigkeitsniveau eines Beschäftigten leicht übersteigen, also eine *Stretch Zone* entsteht [WILD15]. Diesem aus dem Change Management

---

<sup>29</sup> LIKER und FRANZ sprechen hier von der Adjust-Phase, in der generell reflektiert werden soll, was eine Person gelernt hat und wie sich dies in weiteren Umsetzungen ausdrücken soll [LIKE11].

stammende Begriff, liegt die Annahme zugrunde, dass Beschäftigte ihre Aufgaben normalerweise in der *Komfortzone* bearbeiten, weil dort ihre Fähigkeiten und die ihnen gestellten Aufgaben korrelieren [TARL05]. Die Aufgabe eines Coachs mit dem Fokus auf der Weiterentwicklung der Beschäftigten liegt daher darin, durch entsprechende Schwierigkeiten des Zielzustandes dafür zu sorgen, dass diese die Komfortzone verlassen und sich neuen Aufgaben stellen müssen (vgl. Abb. 16) [CSIK14].



**Abb. 16: Lernerfolg zwischen Anforderungen und Fähigkeiten eines Beschäftigten (mit Anpassungen aus [CACH13], [CSIK14])**

Dabei darf die Aufgabe allerdings nicht überfordernd wirken, da sonst die „Hoffnung auf Erfolg“ [HECK10] leidet und der motivationale Effekt eines Erfolgs im KVP in das Negative umschlägt. Positives soziales Feedback durch einen Coach und Mitbeschäftigte wirkt dabei ebenso motivierend [DECI93]. Im Bereich der Zielerstellung bildet das Element der Autonomie ebenfalls einen wichtigen Baustein, das heißt ein Coach stellt mit dem Zielzustand sicher, dass dieser grundsätzlich alleine von einem Beschäftigten bearbeitet wird [CACH13]. Außerdem sollen die Lösungsmöglichkeiten an einigen Stellen offengehalten werden, damit sich die Coachees aktiv in den KVP einbringen. So werden Lernprozesse entwickelt, die die Beschäftigten zu besseren Problemlösern entwickeln [ABEL11b]. Ein ähnliches Konzept beschreiben EDWARDS und SHIPP auch mit



ihrem Konzept des „Person-Environment-Fit“, also dem notwendigen Zusammenpassen einer (Arbeits-) Umgebung und des Beschäftigten, damit dieser entsprechend wirken kann [EDWA07].

Wie herausfordernd ein Zielzustand sein muss, darüber gibt es keine eindeutigen Aussagen in der Literatur. Allen Autoren ist gemein, dass der erste Zielzustand in max. vier Wochen erreichbar sein sollte, auch um den Umgang mit dem KVP-Wesen zu trainieren [SCHW16a]. Autoren wie CACHAY wenden basierend auf [PAHL87] das Element der Reduktion eines Zieles an, um so einen erreichbaren Zielzustand zu erhalten. Dabei wird zum Beispiel die neue zeitliche Vorgabe eines Rüstprozesses nicht direkt als Zielzustand definiert, sondern nur 50 % der letztendlichen Zielgröße. In einem späteren Zielzustand kann dann das Endziel vorgesehen werden [CACH13]. Andere Autoren machen keine methodischen Vorgaben, sehen die Zielzustandserstellung aber immer im Kontext von Zielen auf der Wertstrom- und Unternehmensebene. So schlagen ROTHER und AULINGER vor, dass der Zielzustand initial vom jeweiligen Coachee erstellt werden soll, basierend darauf, was diese oder dieser für umsetzbar halten, um das übergreifende Ziel zu erreichen. In einer anschließenden formalisierten Diskussion – dem Coaching-Dialog – wird dieser dann vom Umfang so angepasst, dass er Coach und Coachee zufriedenstellt. Dabei soll die Diskussion rein faktengetrieben stattfinden und jeweils auf Kennzahlenberechnungen basieren, die für die jeweils andere Person nachvollziehbar sind [ROTH17]. SCHWARZ und LINDNER sehen eher die Führungskraft in den Pflicht die Kernelemente eines Zielzustandes zu erarbeiten und dem Coachee zu präsentieren [SCHW16a].

Das eigentliche Coaching findet anhand von fünf Führungsfragen statt, die ROTHER wie folgt definiert und die bei allen vorgestellten Autoren so oder ähnlich verwendet werden [ROTH09a], [SCHW16a], [ROTH17]. Die Führungsfragen werden dabei zur Strukturierung der gemeinsamen Besprechung zwischen Coach und Coachee genutzt:

1. Wie lautet der Zielzustand?
2. Wie lautet der Ist-Zustand?
  - a. Was ist beim letzten Schritt passiert?
  - b. Was hast du dabei erwartet?
  - c. Was ist dabei genau passiert?
  - d. Was hast du dadurch gelernt?
3. Welche Hindernisse halten dich davon ab, den Zielzustand zu erreichen? Welches davon gehst du als nächstes an?
4. Was ist dein nächster Schritt? Was erwartest du dabei?
5. Wie schnell können wir uns anschauen was du in diesem Schritt gelernt hast?

Wie in Frage 2) werden die ursprünglichen fünf Fragen teilweise durch Nach- und Detailfragen erweitert, um den Lernprozess im KVP hervorzuheben. Das unterstreicht, wie wichtig die Weiterentwicklung des Prozessverbesserers für den Coach ist und dass die eigentliche Prozessverbesserung parallel dazu stattfindet [LIKE06]. Frage 4) zielt auf den Start des nächsten PDCA ab und belegt diesen durch Frage 5) mit einem zeitlichen Horizont [LIKE11]. Alle Autoren sind sich einig darin, dass von den definierten Fragen zunächst nicht abgewichen werden sollte, damit sich auf Seiten der Coachs eine *Coaching-Routine* herausbilden kann. Dazu trägt bei, dass das Coaching an einer an das SFM angelehnten Besprechungstafel stattfindet, die in Abb. 17 dargestellt ist. Auffällig ist, dass zwar die Ergebnisse des Coachees, aber nicht die Gedanken des Coachs dokumentiert werden.

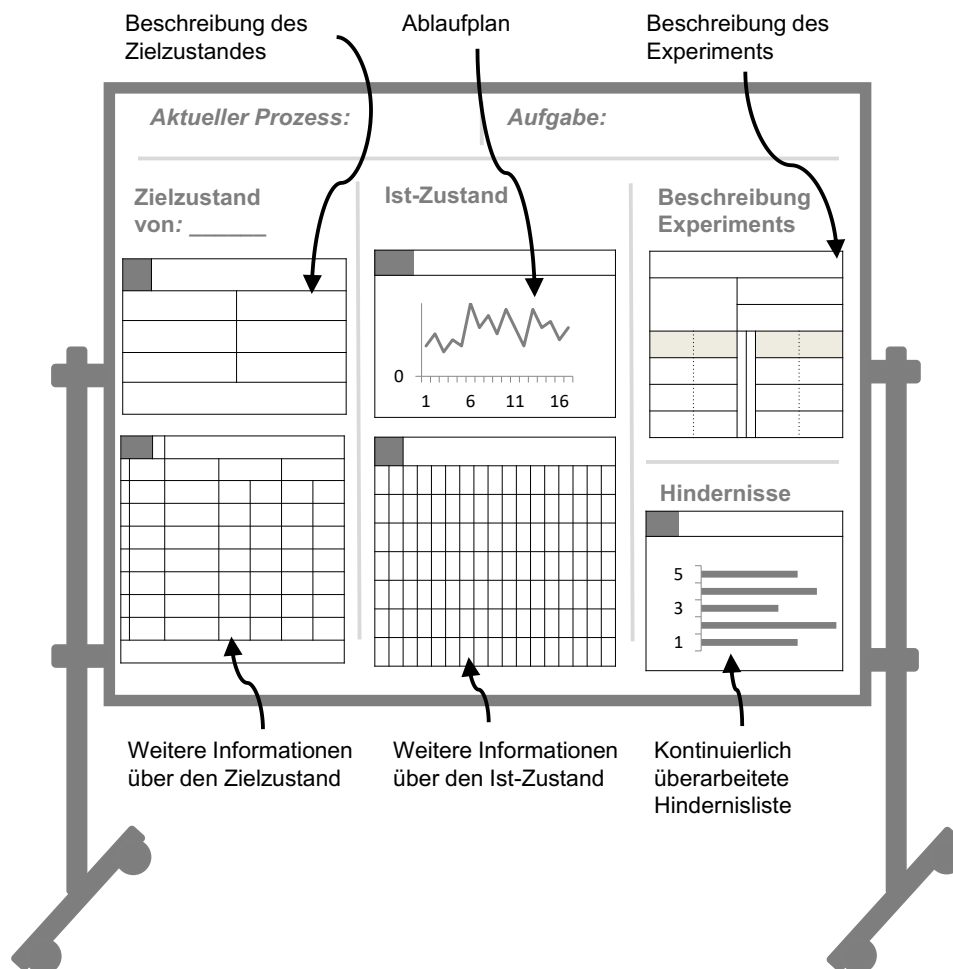


Abb. 17: Ein KVP-Board als zentraler Ort der Prozessverbesserung nach [ROTH17]

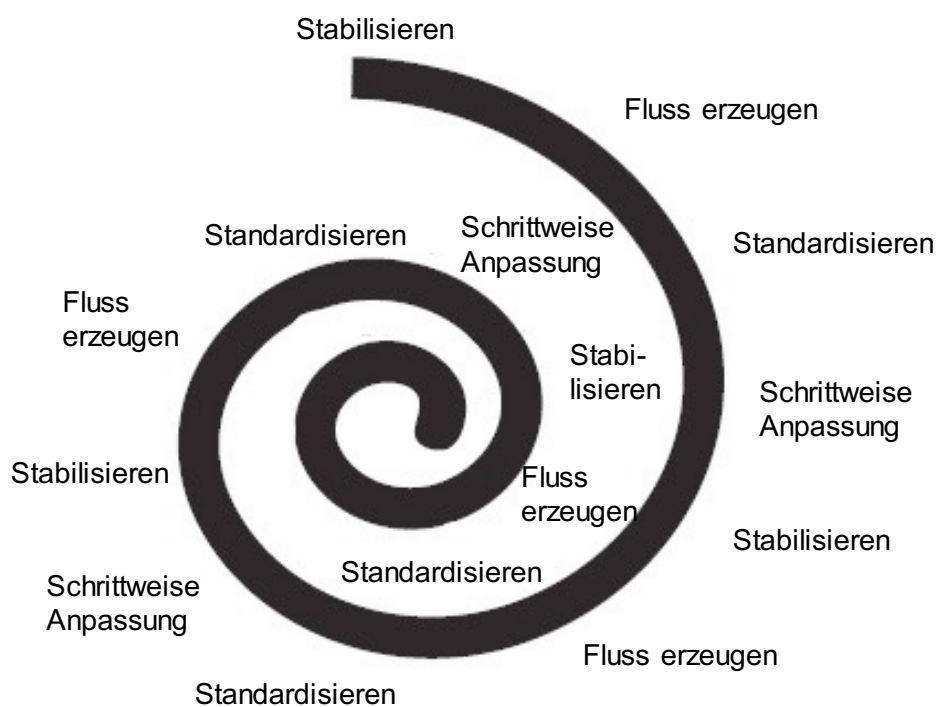
Wie in Kap. 2.3.1.3 beschrieben, bildet diese neue Rolle des Coachs eine große Herausforderung für Führungskräfte. ROTHER schlägt die Einführung einer Coaching-Hierarchie vor [ROTH09a], die LIKER ebenfalls als zentrales Element bei TOYOTA beobachtet [LIKE08]. Dabei besitzt jeder Coach wieder einen ihm zugewiesenen Coach; der Coach nimmt somit gleichzeitig die Rolle eines Coachees ein, der ihn bei der Erreichung seiner

Ziele unterstützt und ihn im Coaching trainiert.

Auch wenn selbst bei TOYOTA Verbesserungsaktivitäten auftreten, die von individuellen Beschäftigten ohne Fokus der Führungskräfte durchgeführt werden, wird der Großteil der Verbesserungsaktivitäten durch einen Top-Down-getriebenen Ansatz durchgeführt [SHIM04]. Dieser „kollektive“ [LIND97] KVP-Ansatz setzt allerdings eine Verankerung in der Primärorganisation voraus, da sonst keine Ziele für den KVP definiert und für die einzelnen Hierarchieebenen konkretisiert werden können [SHIM04]. Auch das Ziel der bereits angesprochenen lernenden Organisation, welches durch die Einbettung der Lernens in die tägliche Arbeit entsteht, lässt sich so abbilden [GIDI09].

### 2.3.3 Einführung und Erhalt des KVP

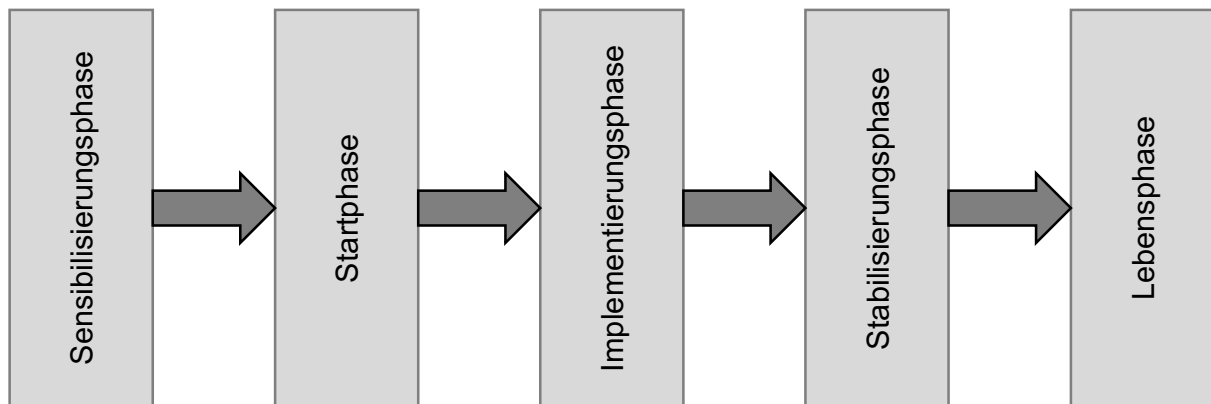
Grundvoraussetzung für den KVP ist eine initiale (Basis-) Stabilität [LIKE04]. Die Stabilität der einzelnen Prozesse ist die Voraussetzung für das Schaffen eines Flusses mit dem die einzelnen Prozessschritte eines Wertstroms verbunden werden. Durch die Erreichung der nächsten Verbesserung entsteht allerdings wieder Instabilität im Prozess, die wiederum eine Verbesserung bedingt (vgl. Abb. 18).



**Abb. 18: Die Spirale der kontinuierlichen Verbesserung [LIKE06]**

An diese grundsätzliche Verbesserungs-Spirale lehnen sich eine Reihe von Autoren an, die mehrschrittige Vorgehen zur Einführung und dem Erhalt des KVP im Unternehmen empfehlen. STEMLINGER, MOHN und WINKLER verwenden drei, KAMISKE und KOSTKA und KOSTKA vier und die DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR QUALITÄT E.V.

(DGQ) fünf Einführungsschritte [DGQ14], [KAMI15], [STEM15], [KOST17]. Exemplarisch soll hier anhand des von der DGQ vorgeschlagenen Vorgehens (vgl. Abb. 19) die KVP-Einführung im Unternehmen erläutert werden [DGQ14], [KOST17]:



**Abb. 19: Das fünf Phasenmodell der DGQ zur KVP-Einführung [DGQ14]**

In der initialen *Sensibilisierungsphase* müssen zunächst die Führungskräfte eines Unternehmensbereiches die Entscheidung fällen, den KVP zu implementieren. Dem geht Voraus, dass sich durch Diskussionen und Orientierungsgespräche die Erkenntnis durchsetzen muss, dass der KVP einen entscheidenden Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens leistet (vgl. Kap. 2.3.1.1). Dem folgt die Präzisierung der Umsetzung durch Budgetplanung und Schaffung der entsprechenden Organisationsstruktur (vgl. Kap. 2.3.1.3). Ebenso müssen die langfristigen Ziele (vgl. Kap. 2.3.1.1) definiert und mit Meilensteinen ausgestattet werden.

In der *Startphase* muss die Entscheidung, einen KVP im Unternehmen zu etablieren, für alle Beschäftigten transparent gemacht werden. Hierzu gehört auch die Erläuterung wie ein zumeist bestehendes BVW und das neue KVP-System, welches zum Beispiel nicht per Prämien vergütet wird, zusammenwirken (vgl. Kap. 2.3.1.3). Eine Feinplanung zur Schulung von KVP-Beauftragten und Moderatoren und wie diese das KVP-Wissen in die Organisation bringen können, gehört ebenfalls zu dieser Phase. Dabei sollen die Beschäftigten dafür sensibilisiert werden, auf welche Themen der KVP im ersten Schritt ausgerichtet werden soll<sup>30</sup>. Wie bereits beschrieben (vgl. Kap. 2.3.1.5), besteht allerdings die Gefahr, dass es zu einem Methoden-KVP kommt, ohne dass die Probleme in der Produktion adressiert werden [LIKE11].

<sup>30</sup> Als erster Schritt im KVP wird zum Beispiel die Anwendung der Lean-Methode 5S an allen Arbeitsplätzen empfohlen, um eine Basis-Stabilität und Standardisierung im Sinne der obigen Definition von LIKER zu schaffen [MARK16].

Fest in die Organisation eingeführt wird ein KVP-System in der *Implementierungsphase*. Die konkrete Vereinbarung von KVP-Aktivitäten mit den Beteiligten, die Durchführung dieser und die Kontrolle bezüglich der Zielerreichung dieser Maßnahmen liegen im Fokus. Regelmäßige Treffen/ KVP-Meetings bzw. Coaching-Treffen zwischen Beschäftigten und Führungskräften (vgl. Kap. 2.3.1.5 und 2.3.2.2) dienen als Möglichkeit, Ergebnisse aus KVP-Maßnahmen und Wissen in der Organisation zu verteilen. Dazu werden Formblätter getestet und als standardisiertes Element in der Organisation verwendet (vgl. Kap. 2.3.2.1).

Wie von LIKER beschrieben, müssen die durch den KVP veränderten Arbeitsprozesse standardisiert werden, bevor eine weitere Verbesserung möglich ist [LIKE06]; dies gilt ebenso für eine KVP-Organisation, welche in der *Stabilisierungsphase* die institutionellen Strukturen schaffen muss, um einen KVP langfristig zu etablieren. Hier besteht vor allem die Gefahr der Bürokratisierung, die verhindert, dass an Problemen gearbeitet wird, aber mehr Zeit für die Verwaltung von KVP-Meetings, -Workshops und der Best-Practice-Dokumentationen aufgebracht wird. Hierzu gehört zudem eine Professionalisierung des Berichtswesens, mit welchem der Erfolg und die Verbesserungspotentiale des KVP kommuniziert werden kann (vgl. Kap. 2.3.1.1). In dieser Phase wird außerdem ein entsprechendes Wissensmanagement etabliert, was auf die Dokumentation der verwendeten Formblätter zurückgreift und die Ergebnisse dieser für alle zugänglich machen muss.

Die abschließende *Lebensphase* variiert für jedes Unternehmen. Das KVP-System soll weiter verbessert und angepasst werden, da auch eine KVP-Organisation nicht statisch sein kann und sich mit einem Unternehmen und dessen geänderten Markt- und Beschäftigtenziele weiterentwickeln muss. Zur Orientierung können hier KVP-Reifegradmodelle dienen, die einen Hinweis auf die nächsten zu erreichenden langfristigen Ziele geben können [BESS01]. Aus der in einem Unternehmen bestehenden Fehlerkultur soll sich so eine Verbesserungskultur entwickeln, die die Veränderung zum Besseren als Kern ihrer Prozesse ansieht (vgl. Kap. 2.3.2.1). Das Einfördern von Fortbildungen zum Kennenlernen von anderen KVP-Ansätzen zur Inspiration und dem Erlernen von neuen Methoden, die im KVP hilfreich sein könnten, ist ebenfalls ein Element dieser Phase.

#### 2.3.4 Zusammenfassung

Im Gegensatz zu vorhergehenden Untersuchungen, in denen generell die Verbreitung [BOER00], [KIRN06] oder der Einsatz von Methoden [REUS09] im KVP im Vordergrund stehen, sollen im Folgenden auf die in Kap. 2.3.1 vorgestellten Dimensionen zurückgegriffen werden, um das Auftreten des KVP in der Praxis zu kategorisieren. Aus

einer Expertenbefragung von  $n=15$  KVP-Verantwortlichen aus deutschen produzierenden Unternehmen können drei KVP-Typen definiert werden, die sich anhand der drei wichtigsten Dimensionen *KVP-Fokus*, *Wirkungsform* und *Zielorientierung* kategorisieren lassen (vgl. Abb. 20) [HAMB15b]. Dabei gibt es große Übereinstimmungen mit anderen Untersuchungen zum Beispiel aus dem japanischen Raum [BRUN03].

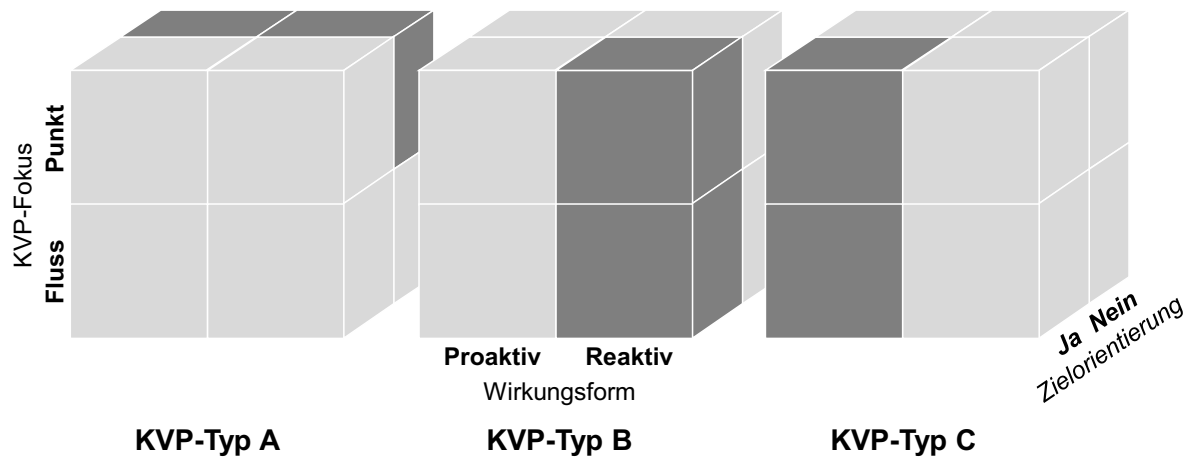


Abb. 20: Die drei identifizierten KVP-Typen (mit Anpassungen aus [HAMB15b]<sup>31</sup>)

### *KVP Typ A*

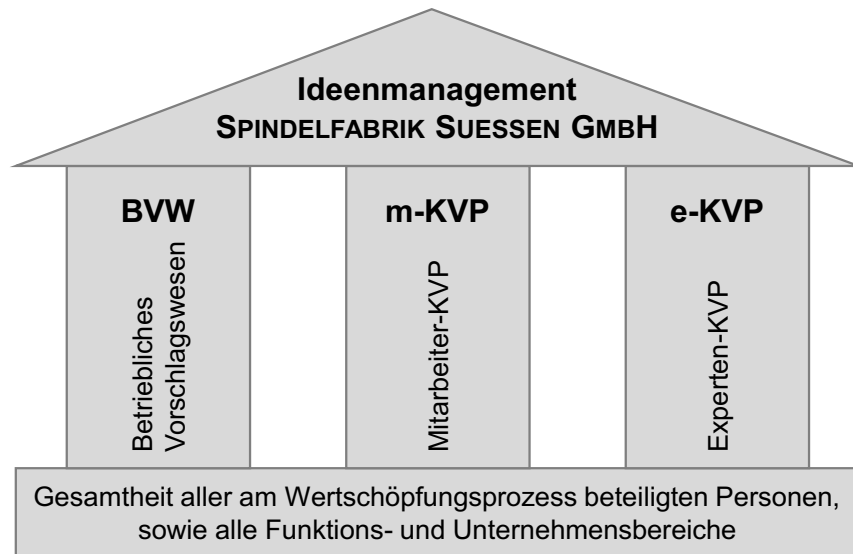
Der KVP Typ A kann als *unsystematischer KVP* bezeichnet werden und orientiert sich sehr stark am bereits vorgestellten BWV. Das heißt, dass keine strategische Zielorientierung vorhanden ist, sondern Beschäftigte Vorschläge für Verbesserungen machen oder in Workshops erarbeiten und anschließend umsetzen. Die Vorschläge sind daher nur punktuell und lassen keine strategischen Verbesserungen zu. Der KVP wird nicht motivational unterstützt, sondern die Vorschläge werden in den meisten Unternehmen freiwillig gemacht, ohne eine vorgegebene Anzahl an Verbesserungsideen [HAMB15b], [HAMB16a].

### *KVP Typ B*

Der KVP Typ B wird durch seinen reaktiven Charakter geprägt; das heißt, dass Verbesserungen vor allem durch das Erkennen von Abweichungen ausgelöst werden. Dadurch sind Kennzahlensysteme notwendig, sodass der KVP in den befragten Unternehmen in das SFM integriert wird. Durch die explizite und verpflichtende Aufgabe, Abweichungen zu melden und diese als Ausgangspunkt für Verbesserungen zu verstehen, besitzt dieser KVP durchaus eine Zielorientierung, auch wenn diese nicht-strategischer Natur

<sup>31</sup> Entgegen der ursprünglichen Veröffentlichung in [HAMB15b], wurden beim KVP-Typ C die reaktive Komponente entfernt, um deutlich zu machen, dass alle drei KVP-Typen nicht exklusiv, sondern auch gemeinsam in einem Unternehmen auftreten können und dies auch tun.

sind und sich auf allgemeine Ziele wie zum Beispiel Vermeiden von Verschwendung, Verringern der Durchlaufzeit beziehen [HAMB15b].



**Abb. 21: KVP-Arten in Kombination in einem Unternehmen [DÖRI16c]**

Beide KVP-Typen treten in Form eines *Ideenmanagements* auch kombiniert auf, da so Impulse aus dem KVP-Typ B wie der Transparenz der Entscheidungsprozesse oder Einbeziehung der direkten Führungskräfte berücksichtigt werden können (vgl. Abb. 21) [BISM08], [MÜLL09], [KOBL13]. Bei dem gezeigten Unternehmen wird eine konkrete Lösungsidee eines Beschäftigten dem BVW zugeordnet; eine erkannte Abweichung im eigenen Bereich wird wiederum in den Mitarbeiter-KVP aufgenommen und dann im Rahmen von Workshops gelöst [DÖRI16c].

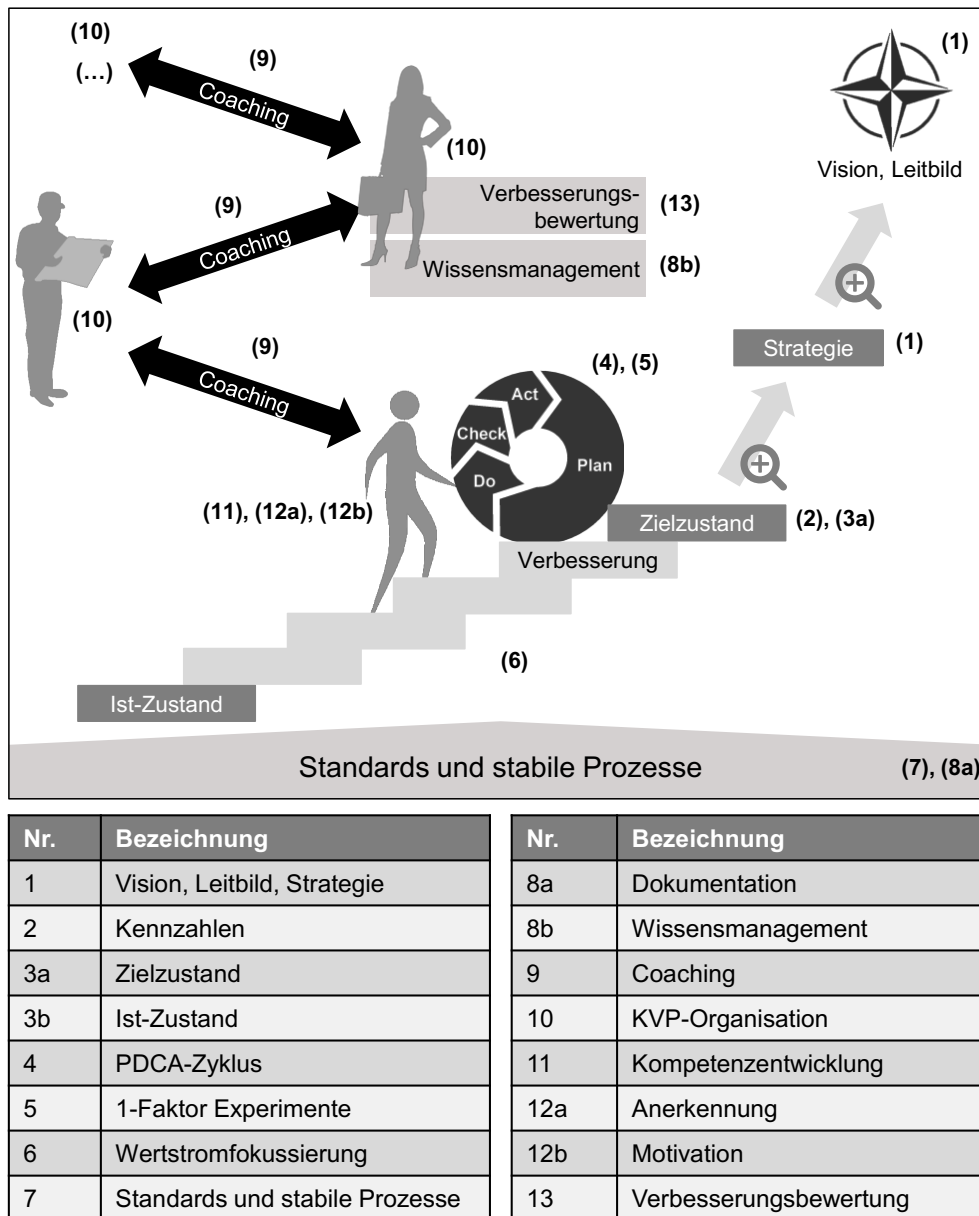
Andere Unternehmen integrieren beide KVP Typen in das tägliche SFM: So verwendet das Unternehmen KÄRCHER KVP-Punkte an denen die Beschäftigten zum einen den Stand der Produktion und zum anderen den Stand der persönlichen Verbesserungsvorschläge und Prämien einsehen und besprechen können [KNÜP13].

### *KVP Typ C*

Der *KVP vom Typ C* bildet ein systematisches Instrument der täglichen Arbeit in einem Unternehmen. Er stellt den „zielorientierten KVP“ [HAMB17] dar. In der folgenden Abb. 22 werden die verschiedenen Elemente des KVP vom Typ C aufgeführt. Der KVP ist verpflichtend und weist jedem Teilnehmer eine explizite Rolle als Coach oder Coachee zu. Zentrales Element bilden dabei die in Kap. 2.3.2 vorgestellten Routinen (1, 3a, 3b, 4, 5, 9, 10) und die Einbeziehung möglichst vieler Erfolgsfaktoren für den KVP (2, 6, 7, 8a, 8b, 11, 12a, 12b, 13).

Dieser Typ hat seit der Veröffentlichung von ROTHER [ROTH09a] eine Reihe von Konkretisierungen erfahren, zum Beispiel durch SCHWARZ und AULINGER [SCHW16a],

[ROTH18]. Auch wurde die Methode bereits weiterentwickelt: CACHAY beschreibt mit seiner Methode *proKVP* eine Kombination von Typ B und C, um so einen im SFM institutionalisierten KVP zu schaffen, der Top-Down und Bottom-Up wirkt [ABEL12a]. Diesen setzt er bei zwei Industrieunternehmen mit Erfolg ein [CACH13].



**Abb. 22: Übersicht über die identifizierten KVP-Elemente des Typ C [HAMB17]**

## 2.4 Herausforderungen in bestehenden KVP Systemen

Unabhängig von den oben dargestellten KVP Typen, die in Unternehmen vorkommen, treten in der Praxis eine Reihe von Problemen (P) auf, die verhindern, dass ein KVP-System in einem Unternehmen eingeführt werden kann bzw. auch dauerhaft erfolgreich ist. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden.



### 2.4.1 Beschreibung

Im Rahmen der bereits in Kap. 2.3.4 erwähnten Interviews mit  $n = 15$  Unternehmensexperten [HAMB15b] und  $n = 5$  Beratern aus dem Lean- und Prozessverbesserungsumfeld, die sich vor allem auf den KVP spezialisiert haben [HAMB16a], können erste Probleme identifiziert werden, die im KVP zum Tragen kommen. Mit Hilfe einer anschließenden Literaturrecherche können so insgesamt 11 zentrale Probleme im KVP beschrieben werden, mit denen Unternehmen konfrontiert sind:

#### *P1: Wissen über Philosophie, Ziele und den unternehmensinternen Ablauf des KVP*

Grundsätzlich bildet die Informierung der Beschäftigten über das Ziel des KVP (vgl. Kap. 2.3.3) ein wichtiges Element bei der Einführung des KVP in einem Unternehmen. Besonders Beschäftigte in der Produktion werden allerdings oftmals nur durch arbeitsgebundene Lernformen wie kurzen Einweisung und anschließendem „Learning by Doing“ [HAMB15b] in das KVP-System eingeführt, formelle Schulungen unterbleiben [DAL14]. Dies hat unter anderem zur Folge, dass die Vermittlung der zugrunde liegenden KVP-Philosophie als größtes Problem für die unternehmensinternen Interviewpartner genannt wird [HAMB15b] und eine KVP-Einführung komplett verhindern kann [LIKE12]. Nicht nur bei den ausführenden Beschäftigten, auch im mittleren und hohen Management stellt das mangelnde Wissen über den KVP ein Problem dar. So wird vom mittleren Management zwar erwartet Führungspositionen im KVP einzunehmen, sie werden auf diese Rolle als Coach allerdings oftmals unzureichend vorbereitet [HAMB15b], [LODG16]. Höhere Führungskräfte brauchen wiederum andere Schulungen und Wissen, da ihre Aufgabe vor allem in der Koordination und dem Setzen von Zielen liegt [HOUS06], [ROTH09a]. Treten noch Sprachbarrieren hinzu, die bei der Vermittlung nicht berücksichtigt werden, verschärft sich das Problem [NEWA91]. Neben dem KVP-System an sich, müssen auch die entsprechenden (Lean-) Methoden, die im KVP auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen eingesetzt werden sollen, vermittelt werden [TALI11]; dies muss im Rahmen eines regelmäßigen Trainings geschehen [BAMB00].

#### *P2: Standardisierte Abläufe und Routinen im KVP*

Die im Kap. 2.3.2 beschriebenen Routinen bilden ein zentrales Element des zielorientierten KVP [BESS01]. Besonders bei der KVP-Einführung dienen sie als Sicherheit zur richtigen Durchführung von KVP-Handlungen wie dem systematischen Lösen eines identifizierten Hindernisses [BESS97]. Dadurch, dass die KVP-Kultur initial nicht ausreichend vermittelt und anschließend durch im KVP-befähigte Führungskräfte vorgelebt

wird, wird sie von den Beschäftigten nicht als zentrale Handlungsanweisung wahrgenommen [TALI11], [HAMB15b]. Diese *Heuristiken* bilden zusammen mit der gruppenübergreifenden Arbeit ein wichtiges Element bei der Lösung auch komplexer Probleme [BULL02]. Die tägliche Arbeit im KVP unterstützt die Entwicklung von Routinen; wird der KVP nicht als Teil der täglichen Arbeit wahrgenommen, können sich so auch keine standardisierten Abläufe, die Stabilität und Wiederholbarkeit im KVP herstellen, etablieren [SCHW16a]. Diese sind allerdings wichtig, um zu verhindern, dass KVP-Aktivitäten nur sporadisch und folglich ohne übergreifendes Ziel durchgeführt werden [MIRZ11], [LODG16] oder den KVP in produktionsfernen Bereichen eines Unternehmens tief zu verankern [AL02].

*P3: Vorgabe der KVP-Maßnahmen und Lösungen durch Führungskräfte*

Produktionsnahe Führungskräfte der unteren Ebenen können auf einen umfangreichen Schatz an Erfahrungen über den ihnen anvertrauten Bereich zugreifen, den sie durch langjährige implizite Lernprozesse gewonnen haben [DEHN07], [ROTH09a]. Dies macht sie zu wichtigen Akteuren im KVP, verhindert aber in der Rolle eines Coaches nachhaltig, dass Beschäftigte, die die Rolle des eigentlichen Prozessverbesserers wahrnehmen sollen, die Verbesserungsroutine selbstständig anwenden können und so ihrerseits Wissen und Kompetenzen entwickeln [ROTH09a], [HAMB16a]; ein wichtiges Element der lernenden Organisation [BESS97].

*P4: Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Führungskräften und Beschäftigten*

Fehlender Austausch über Verbesserungspotentiale ist besonders zwischen verschiedenen Hierarchieebenen problematisch und wird als einer der größten Probleme im KVP angesehen, da nur dadurch der im KVP wichtige Lernprozess gefördert werden kann [TALI11], [LODG16]. Dies ist besonders in der Einführungsphase des KVP (vgl. Kap. 2.3.3) ein Problem [SCHE09], [JADH14]. Dabei wird das formalisierte Element des Coachings zwar als sinnvolles Instrument zur zielgerichteten Kommunikation in Unternehmen anerkannt, aber nur von rund 60 % der von DOMBROWSKI und MIELKE befragten Unternehmen in Deutschland eingesetzt [DOMB12]. Dabei sind sowohl Nicht-Kommunikation, als auch Kommunikation die nicht persönlich oder nur unregelmäßig und nicht planbar stattfindet, problematisch [ROTH09a]. Einige Autoren gehen noch weiter und bestreiten, dass ohne ein KVP-integriertes Kommunikations-/ Austauschkonzept (wie im KVP Typ C) langfristig sinnvolle Verbesserungen entstehen können [GUNA99].

*P5: Bearbeitung von Verbesserungspotentialen und Maßnahmen*

Verbesserungspotentiale und Maßnahmen müssen zeitnah bearbeitet werden, weil es sonst zu Frustration über das gesamte KVP-System kommt und die Beschäftigten an diesem nicht mehr teilnehmen wollen; es stellt Unternehmen allerdings vor große Herausforderungen die notwendigen Ressourcen bereitzustellen, damit Maßnahmen tatsächlich zeitnah bearbeitet werden können [HAMB15b]. Dabei ist sowohl problematisch, dass Maßnahmen erst auf Listen gesammelt und erst später tatsächlich bearbeitet werden, als auch, dass eine Ursachenanalyse nicht direkt nach dem Auftreten eines Problems, aus dem sich eine Verbesserungsmaßnahme generieren könnte, stattfindet [ROTH09a]. Weitere problematische Umgänge mit Verbesserungsmaßnahmen liegen in dem Überspringen der Plan-Phase des PDCA-Zyklus, sodass Lösungsmaßnahmen umgesetzt werden, bevor die Ursache wirklich gefunden wurde [MACD97], [DOMB14]. Auch das fehlende Überprüfen der umgesetzten Maßnahmen auf Nachhaltigkeit wird kritisiert [ROTH09a].

*P6: Stabilisieren und Standardisieren von Verbesserungsmaßnahmen*

Wie in Kap. 2.3.3 dargestellt, bildet die Standardisierung von Prozessen die Grundvoraussetzung des KVP [DAL14]. Im Gegenzug müssen aber auch umgesetzte KVP-Maßnahmen wieder standardisiert werden; dies unterbleibt oft und führt dazu, dass Maßnahmen nur punktuell und einmalig wirken und somit aufbauend auf diesen keine weiteren Verbesserungen durchgeführt werden können [BESS94], [SOLT04], [HAMB15b].

*P7: Aufgabenverteilung und Rollendefinition*

Mangelndes Wissen über den Unternehmensinternen KVP-Ablauf führt zu einer Reihe von Folgeproblemen wie der fehlenden Definition und Vermittlung von Rollen im KVP. Dies gilt besonders für Führungskräfte, die Prozessverbesserer als Coach unterstützen sollen [HAMB16a], aber auch für koordinierende Stabsstellen und Fachabteilungen im KVP, wodurch Doppelarbeit und Konflikte hervorgerufen werden [UPAD10], [JADH14], [LODG16]. Auch in der teamübergreifenden Zusammenarbeit beim Bearbeiten von KVP-Maßnahmen entstehen Konflikte, wenn eine klare Rollenverteilung (wer ist verantwortlich für was?) fehlt bzw. nicht vorgegeben wird [TALI11].

*P8: Standardisierte Dokumente und Formblätter*

Dokumente und Formblätter bilden ein wichtiges Instrument zur Standardisierung des KVP, die Ausgestaltung stellt aber für eine Reihe von Unternehmen ein Problem dar [HAMB15b]. So wird es vor allem als Problem gesehen, dass Formblätter nicht korrekt im Sinne des Gestalters oder nur teilweise ausgefüllt werden, weil sie als zu komplex und damit hinderlich wahrgenommen werden [LODG16]; dadurch verlieren sie ihre

Wirkung, Abläufe zu standardisieren [ROTH09a]. Dies gilt beispielsweise für A3-Problemlösungsformblätter, welche den systematischen Problemlösungsprozess unterstützen sollen; durch die Nicht-Benutzung dieser werden Lernpotentiale nicht ausgeschöpft [LODG16]. Dies führt wiederum dazu, dass Wissen, welches im KVP entsteht, nicht geteilt wird; es verbleibt als implizites Wissen bei dem jeweiligen Prozessverbesserer [LODG16].

#### *P9: Messbarkeit des KVP-Erfolgs*

Fehlende Ziele sind nicht nur für die Motivation der Beschäftigten problematisch, sondern verhindern, dass KVP-Maßnahmen miteinander verglichen werden können. So werden zwar in den Unternehmen Benchmarks zum Erfolg des KVP durchgeführt; diese sind aber oftmals unstrukturiert, weil nicht klar ist, welcher Prozess nach objektiven Gesichtspunkten der *Beste* ist [BJÖR10]. Auch fehlende und fehlerhafte Daten verhindern, dass KVP-Maßnahmen bezüglich ihrer Wirksamkeit gemessen und bewertet werden können [BESS94], [DAL14].

#### *P10: Zieldefinition*

Viele Unternehmen haben Probleme, Ziele für den KVP zu definieren. In einer umfangreichen Studie unter britischen Unternehmen in den neunziger Jahren stellen die Autoren fest, dass die meisten Unternehmen nur einen strategielosen KVP betreiben, der keine konkreten Ziele verfolgt [BESS99]; auch neuere Studien deuten darauf hin, dass die meisten Unternehmen Probleme bei der strategischen Ausrichtung des KVP haben [DOMB13]. Dies liegt unter anderem an nicht vorhandenen Planungswerkzeugen [WHAL94], [TALI11] und der Tatsache, dass viele Führungskräfte eine vorherige Planung des KVP (zum Beispiel das Setzen von Zielen) als nicht sinnvoll erachten [TALI11]. Allerdings sind Ziele die Voraussetzung für den KVP vom Typ C und sorgen für einen hohen Motivationsgrad bei der Entwicklung von Verbesserungsideen und -maßnahmen [ISHI88], [SRIK90], [BESS94]; dies gilt umso mehr für aufeinander aufbauende Ziele, weil hier die Arbeit der Beschäftigten in einen größeren Kontext gerückt wird [CACH13].

#### *P11: Aufbau und Pflege des KVP-Systems*

In einigen Unternehmen gibt es mehrere parallel vorkommende KVP-Systeme, was zu Verwirrung führen kann, wenn die Zuordnung von freiwilligen Verbesserungsvorschlägen (Typ A) und zielgerichteten Verbesserungsmaßnahmen (Typ C) für die Beschäftigten nicht eindeutig ist [HAMB15b]. Einzelne, intrinsisch motivierte Führungskräfte gehören zu den wichtigsten Treibern beim Aufbau und der Pflege von KVP-Systemen [DGQ14]. Allerdings wird der Aufwand für den Betrieb von KVP-Systemen vom Typ C

durchaus kritisch gesehen [HAMB15b]; wenn einige Führungskräfte beispielsweise einen bereits bestehenden BVW-basierten KVP um einen zielorientierten KVP erweitern wollen, kann dies zu weiteren Uneindeutigkeiten bei der Arbeit im KVP führen.

### 2.4.2 Zusammenfassung

Die vorgestellten Problemfelder betreffen verschiedene Dimensionen, welches sich entlang des von ULICH vorgestellten MTO-Modells beschreiben lassen [ULIC05]. Ursprünglich aus der Arbeitspsychologie stammend, geht das Modell davon aus, dass sich Mensch, Technik und Organisation in einer wechselseitigen Beziehung zu einander befinden, was sich als Konzept auf den KVP übertragen lässt (Tab. 1). Nicht alle Probleme lassen sich einer Kategorie zuordnen, ein Teil der Probleme betrifft mehrere Kategorien.

**Tab. 1: Gliederung der identifizierten KVP-Probleme nach MTO**

Nr.	MTO	Problem
P1	MO	Wissen über Philosophie, Ziele und den unternehmensinternen Ablauf des KVP
P2	MO	Standardisierte Abläufe und Routinen im KVP
P3	M	Umgang von Führungskräften mit KVP-Maßnahmen und Lösungen
P4	M	Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Führungskräften und Beschäftigten
P5	M	Bearbeitung von Verbesserungspotentialen und Maßnahmen
P6	M	Stabilisieren und Standardisieren von Verbesserungsmaßnahmen
P7	MO	Aufgabenverteilung und Rollendefinition
P8	MTO	Standardisierte Dokumente und Formblätter
P9	T	Messbarkeit des KVP-Erfolgs
P10	O	Zieldefinition
P11	O	Aufbau und Pflege des KVP-Systems

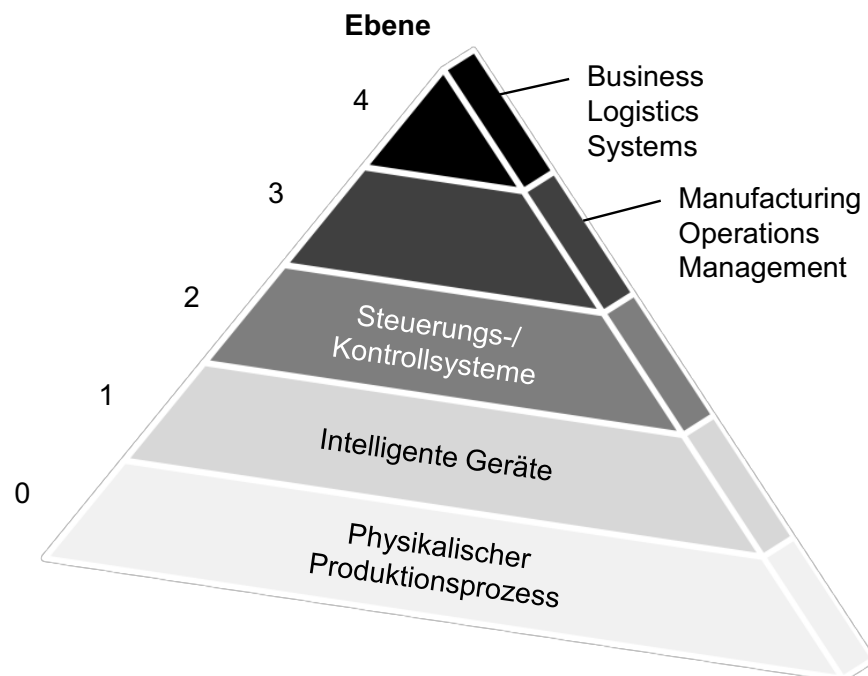
## 2.5 Digitale Unterstützung in der Produktion

Zur Adressierung der Forschungsfrage nach den Möglichkeiten der Digitalisierung des KVP (vgl. Kap. 1.2), werden im Folgenden sowohl in der Produktion bereits eingesetzte IT-Konzepte und Lösungen, als auch neue Ansätze, die für einen digitalen KVP geeignet sein können, vorgestellt.

### 2.5.1 Bestehende IT-Konzepte für die Produktion

Klassische IT-Prozesse sind in Unternehmen hierarchisch geprägt [FORS14]. Dies bedeutet, dass Daten zunächst in Produktionsnahen IT-Systemen ausgelesen werden müssen, bevor sie in anderen IT-Systemen aggregiert werden können. Auf der anderen Seite finden Steuerungsprozesse Top-Down statt und werden über definierte Hierarchieebenen an die Produktion übergeben. Sinnbildlich für diese Gestaltung ist die Automatisierungspyramide, die diese Hierarchie auch für IT-Systeme zu definieren sucht [KLEI14]; auf Grund dieser Inflexibilität wird die Auflösung der Pyramide bereits seit längerem diskutiert [BILD14], [HOPP17].

Diese Ebenen sind nicht eindeutig definiert. So gibt es eine Reihe von Automatisierungspyramiden [SIEP16]. MEUDT, METTERNICH und ABELE unterscheiden in einer umfangreichen Literaturstudie 25 verschiedene Gliederungsansätze, die ihren Ursprung in der in den 70er Jahren aufgestellten CIM<sup>32</sup>-Pyramide haben [MEUD17a]. Diese wurde in der DIN EN 62264 standardisiert und soll auch in dieser Arbeit die Basis der Recherche bilden [DIN14]. Die Ebenen der Pyramide sind in Abb. 23 dargestellt. Dabei bildet die unterste Ebene den tatsächlichen Wertschöpfungsprozess in einer Produktion ab. Im Folgenden sollen die Ebenen der Pyramide zur Einordnung der verschiedenen IT-Systeme in produzierenden Unternehmen dienen.



**Abb. 23: Automatisierungspyramide der Produktion nach DIN EN 62264 [DIN14]**

<sup>32</sup> *Computer Integrated Manufacturing*, zum Begriff CIM siehe das folgende Kap. 2.5.1.1.

### 2.5.1.1 CIM

Abgesehen vom tatsächlichen Produktionsprozess, bildet das *CIM*-Konzept (*Computer Integrated Manufacturing*) alle vier darüber liegenden Ebenen der Automatisierungspyramide nach Abb. 23 ab. Es beschreibt

den integrierten EDV-Einsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Betriebsbereichen. Es umfasst das informationstechnische Zusammenwirken zwischen *CAD* [*Computer Aided Design*], *CAP* [*Computer Aided Planning*], *CAM* [*Computer Aided Manufacturing*], *CAQ* [*Computer Aided Qualitycontrol*] und *PPS* [*Produktionsplanung und -steuerung*]. Hierbei soll die Integration der technischen und organisatorischen Funktionen zur Produkterstellung erreicht werden. Dies bedingt die gemeinsame Nutzung einer Datenbasis. [AUSS85]

Durch diese rechnerintegrierte Produktion kann die komplette CAX-Prozesskette von der Planung, über das Design bis hin zum Fertigungsprogramm in einem System abgebildet werden. Dies erhöht die Geschwindigkeit mit der ein Produkt am Markt verfügbar wird [HEHE11]. Mit dem Y-CIM-Modell wurde darauf aufbauend eine gesamtheitliche Beschreibung der betriebswirtschaftlichen und technischen Abläufe von produzierenden Unternehmen entwickelt. Das im nächsten Kap. 2.5.1.2 gezeigte *Product-Lifecycle-Management (PLM)* bildet dabei den Kern [SCHE06].

### 2.5.1.2 IT-Systeme in Geschäftsprozessen

Diese Systeme decken die Ebenen drei bis vier der Automatisierungspyramide ab und haben Aktivitäten im Bereich der Unternehmensführung, Produktionsplanung und -steuerung zum Fokus. So können mit *PLM*-Systemen alle Geschäftsprozesse im Bereich der Produktentwicklung orchestriert werden. Grundlage bildet das *Produktdatenmanagement (PDM)*, welches alle Daten, die ein Produkt definiert, sichert und zum Beispiel versionsverwaltet [EIGN12]. Dazu gehören Konstruktionsdaten, Konfigurationen, Dokumente für die Arbeitsvorbereitung, Produktherstellung und Produktrecycling [SCHE06]. Durch diese gesamtheitliche Betrachtung anhand des konkreten Produktes, lassen sich produkt- und verfahrenstechnische Kostenpotentiale identifizieren [KARA17].

*Produktionsplanungs- und -steuerungs-Systeme (PPS)* fokussieren die Steuerung von Unternehmensprozessen nicht aus Produkt-, sondern aus Unternehmenssicht. So wird die gesamte Wertschöpfungskette von Lieferanten bis zum Endkunden betrachtet. Dabei obliegt dem PPS-System die Verwaltung der jeweiligen Stammdaten, Stücklisten und Arbeitsplänen mit dem Ziel eine hohe Termintreue, gleichmäßige Kapazitätsauslastung in Produktion und Lager sowie geringe Durchlaufzeit zu gewährleisten [CLAU15]. Um stochastische Schwankungen im Absatz und der Lieferkette berücksichtigen zu können,

bilden PPS auch den Zusammenhang aus externen Zulieferern, den internen Produktionsprozessen und der Logistik ab [SCHU12]. PPS sind dabei eng verknüpft mit *Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP)*, die als „Sammelbegriff für Informationssysteme, die Unternehmensressourcen planen und verwalten“ [VDI08] fungieren. *ERP*-Systeme greifen nicht auf Produktionsdaten zu, sondern erhalten diese von *Manufacturing-Execution-Systemen (MES)* [HESS07]. *MES* sind echtzeitfähig; was bedeutet, dass die Daten aus einem Produktionsprozess während der Fertigungsvorgänge vorliegen und entsprechend in diesen eingegriffen werden kann [KLET15].

### 2.5.1.3 Digitale Fabrik

Die *Digitale Fabrik* bildet den

Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u.a. der Simulation und dreidimensionalen Visualisierung – die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden [VDI08].

Sie deckt die Ebene drei der Pyramide aus Abb. 23 ab. So werden zum Beispiel Ablaufsimulationen, 2-D oder 3-D Grafiksimation sowie Prozesssimulation benutzt, um die Produktionsplanung zu verbessern [BLEY01]; auch die Rolle des Menschen in der Fabrik und damit die Berücksichtigung von ergonomischen, arbeitsmethodischen und zeitwirtschaftlichen Gesichtspunkten durch den Einsatz von digitalen Menschmodellen kann damit in der Planung hervorgehoben werden [VDI15]. Zum anderen soll durch den Einsatz der Digitalisierung eine exakte Abbildung der konkreten Produktionsumgebung ermöglicht werden, um die Flexibilität bei Planungsalternativen zu erhöhen und den Zugriff auf gleiche Prozessschritte und deren Maschinen und Arbeitsschritte zu ermöglichen [DOMB01].

### 2.5.1.4 Datenerfassung in der Produktion

Die Erfassung von Daten durch Sensorik direkt aus dem Produktionsprozess findet auf Ebene eins, die Verarbeitung dieser in Überwachungssystemen auf Ebene zwei der Automatisierungspyramide statt [DIN14]. Für das erstere werden Systeme wie *Betriebsdatenerfassung (BDE)* und *Maschinendatenerfassung (MDE)* verwendet. Es können so Echtzeitdaten bezüglich des Maschinen- und Auftragsstatus oder der Zustand und Ort von Werkzeugen erfasst werden [VDI16]. Die Daten werden direkt aus den Maschinen, Prüf- und Messmitteln über entsprechende digitale Datenprotokolle oder an den zu fertigenden Produkten erhoben, wofür wiederum eine Reihe von Identifikations- und Sensorsystemen wie Barcodes oder RFID (Radio Frequency Identification) zur Verfügung stehen [SCHU09]. Die Überwachung erfolgt in *Prozessleitsystemen* und *MES*, die – wie oben beschrieben – dabei auch Steuerungsfunktionen wahrnehmen können.



MES bilden die Grundlage der *Smart Factory*, welche darauf basiert, dass Daten nicht nur während der Prozesslaufzeit erhoben, sondern auch direkt auf dem zu fertigenden Produkt – dem CPS – gespeichert werden können; dazu kommen Sensoren und Sensornetze zum Einsatz, sowieso mobile Kommunikationstechnologien wie WLAN und LTE, die auf den Produkten durch eingebettete Systeme direkt verarbeitet werden können [WEST13].

### 2.5.2 IT-basierte Lösungen für den möglichen Einsatz im KVP

Neben den bereits existierenden Software-Systemen in der Produktion und produktionsnahen Bereichen, sollen hier eine Reihe von Software-Ansätzen und Digitalisierungsprinzipien aufgeführt werden, die geeignet sind, die Digitalisierung des KVP zu unterstützen.

Die Recherche dieser Konzepte erfolgt entlang des „Daten-Information-Wissens-Modells“ [AAMO95], welches beschreibt „wie Zeichen zu Daten interpretiert, diese zu Informationen und anschließend zu Wissen verdichtet werden, um letztlich Entscheidungen treffen zu können“ [MEUD16]. Entsprechende IT-Konzepte sollen im KVP diesen Weg unterstützen. Diese Schritte werden in Abb. 24 anhand eines Entscheidungsproblems aus der Produktion versinnbildlicht.



Abb. 24: Wissenspyramide in Anlehnung an [GRON12], [MEUD16]

#### 2.5.2.1 Visualisierungen

Die Darstellung von Zeichen, Daten und die Kontextualisierung dieser Daten in Form von Visualisierungen bilden einen wichtigen Teil des KVP, aber auch anderer Methoden

der schlanken Produktion, da sie die Grundlage der Wissensvermittlung und der Kommunikation bilden [WILD08]. Im SFM wird dies insbesondere in Form des *Visual Management* adressiert, das unter anderem die Schaffung von Transparenz [LIKE06] und die Sichtbarmachung von Problemen [VDI12] fokussiert.

Visualisierungen können dabei ganz allgemein unter anderem nach der Anzahl der Darstellungsdimensionen, Darstellungsform oder Zeitrepräsentation kategorisiert werden [BRAC18]<sup>33</sup>. So sind sowohl statische, als auch dynamische ein- bis mehrdimensionale Darstellungen möglich, die von der reinen Darstellung einer Kennzahl bis hin zu *Digitalen Mockups (DMU)* reichen. Bei einem DMU wird eine detaillierte und realitätsnahe Beschreibung und Abbildung eines Objektes vorgenommen. Dies ist besonders für Produkte relevant, deren Funktion und Verhalten so virtuell getestet werden können, um aufwendige Versuchsaktivitäten zu vermeiden; *DMU* finden ihren Einsatz daher vor allem im Bereich der Produktentwicklung [EIGN09].

Weitere relevante Darstellungsformen liegen im Bereich der *Virtual* und *Augmented Reality (VR und AR)*. Dabei taucht der Anwender beim Ersteren in eine komplette virtuelle Umgebung ein. In einer passiven VR mangelt es dem Anwender dabei noch an einer Steuerbarkeit, die in einer aktiven VR gegeben ist. In einer interaktiven VR besteht sogar die Möglichkeit die Umgebung zu manipulieren, was die Anwendungsmöglichkeiten aus vormaligen reinen 3D-Darstellung im Bereich Architektur und Medizin inzwischen auch auf andere Einsatzzwecke erweitert hat [KORG09]. So lassen sich diese Darstellungen als Unterstützung im Bereich Kommunikation (vgl. Kap. 2.5.2.6) oder der Forschung und Entwicklung nutzen [WOOL94].

AR geht hier einen nächsten Schritt, da der Anwender in der Realität verbleibt, aber diese mit computergestützten Informationen angereichert und so überlagert wird [GORE17]. Dabei müssen die Bewegungen des Anwenders erfasst werden, um zu erkennen welches Objekt betrachtet wird und dann entsprechende Informationen auf einem Display oder einer Datenbrille darstellen zu können. Für eine interaktive Steuerung ist außerdem eine Erfassung von Finger- und Handbewegungen notwendig [SIEP16]. Eingesetzt wird AR bisher vor allem im Bereich Service, Wartung und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen, da dort durch die Einblendung von Zusatzinformationen die Arbeitsqualität und -effizienz gesteigert werden kann [BRAC18].

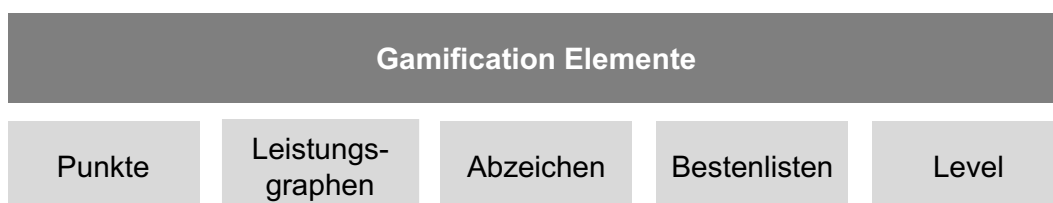
---

<sup>33</sup> Basierend auf BERNHARD, JESSEN und WENZEL [BERN04] und VDI-Richtlinie 3633 Blatt 1 [VDI12] stellen BRACHT, GECKLER und WENZEL dazu eine umfangreiche Morphologie auf, die hier nur angerissen werden soll [BRAC18].

## 2.5.2.2 Enterprise-Gamification

Das Konzept des Unternehmens- oder *Enterprise-Gamification* beschreibt die Darstellung von Informationen in Form der Integration spielerischer Elemente in einen nicht-spielerischen Kontext [DETE11]. Das Ziel ist dabei die Erhöhung der Motivation der Beschäftigten. Zum Einsatz kommen eine Reihe von Elementen, die beispielhaft in Abb. 25 dargestellt sind. Grundlage bilden Punkte, die für Aufgaben vergeben werden. Diese können in Leistungsgraphen und Bestenlisten dargestellt werden, um darauf basierend Abzeichen zu erhalten oder auf höhere Spiellevel aufzusteigen. Durch das Sichtbarmachen dieser abstrakten Bewertungen sollen die Bedürfnisse der Beschäftigten nach Aufmerksamkeit und Belohnung gestillt werden; hierbei spielt die Eigenschaft des Individuums anderen im Wettkampf überlegen sein zu wollen eine große Rolle, wobei diese positive Erfahrung nicht durch zu viel Wettbewerb und möglicher Frustration bei den „Verlierern“ überlagert werden sollte [STIE17]. Das Konzept der Gamification basiert dabei stark auf Ansätzen aus dem Marketing, die das Ziel haben ein wünschenswertes Verhalten beim Kunden – in diesem Fall Beschäftigten – zu erreichen. Besonders bei monotonen Tätigkeiten kann durch das spielerische Element eine bessere Identifikation des Beschäftigten mit dessen Aufgabe erzielt werden [SCHR14].

Gamification bietet damit eine sehr gute Ausgangsbasis für das betriebliche Lernen, da so die Aufmerksamkeitsspanne der Lernenden erhöht werden kann, weshalb das Element damit auch den Bereich der Wissensvermittlung abdeckt (vgl. Abb. 24). Auch das Konzept der unterschiedlichen Level – hier Kompetenzniveaus – auf denen ein Beschäftigter den Lernprozess beginnen kann, kann den Lernprozess unterstützen [MÜLL15].



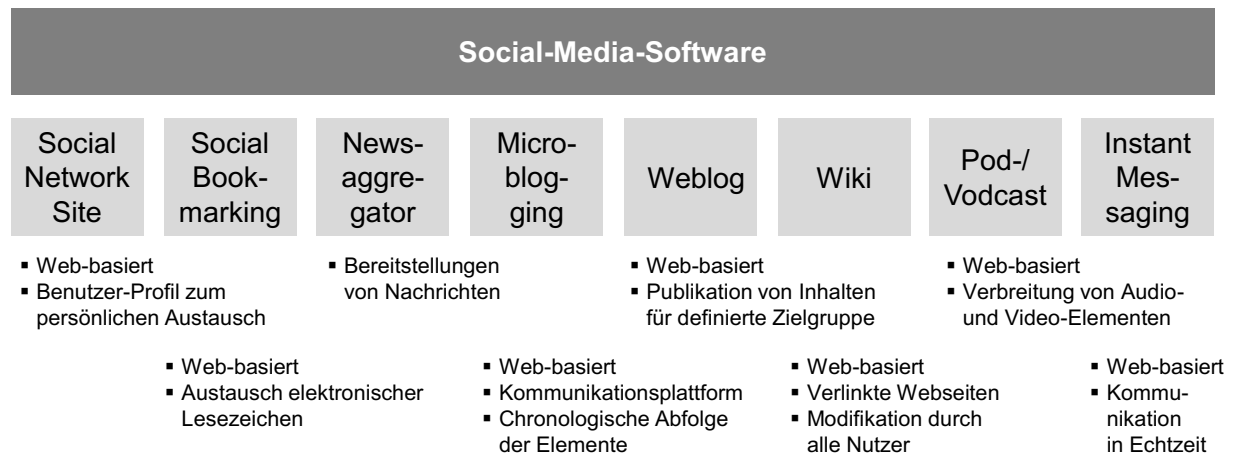
**Abb. 25: Eine Auswahl an Gamification Elementen**

An dieser Stelle gibt es einen Übergang zu den *Serious Games*, deren kompletter Fokus auf dem spielerischen Erlernen eines Sachverhaltes liegt und sich damit dem Flow (vgl. Kap. 2.3.2.2), der bei regulären Computerspielen beobachtet werden kann, zu Nutze macht [FRIT03]. Anwendungen findet das Konzept dabei sowohl im schulischen, universitären und betrieblichen Lernen [DARI15]<sup>34</sup>.

<sup>34</sup> Dabei bildet der Flugsimulator im Rahmen der Pilotenausbildung die älteste und am meisten etablierte Form [ABT87].

### 2.5.2.3 Unternehmens-Social-Media

Soziale Medien dienen im Unternehmenskontext vor allem dazu die Vernetzung zwischen den Akteuren eines Unternehmens und deren Wissensaustausch zu ermöglichen; dazu kommen entsprechende Plattformen und Softwaresysteme zum Einsatz [ASKI14]. Dabei wird zwischen dem Social Network und Social Networking unterschieden.



**Abb. 26: Unterschiedliche Arten von Social-Media-Software in Anlehnung an [KOCH09], [KRÄM14], [ZIMM17]**

Das Social Network bildet das Netzwerk in dem sich Akteure bewegen und sich mit anderen austauschen; der Fokus liegt also auf der Interaktion [WEYE11]. Dem hingegen liegt der Fokus des Social Networking auf der Erzeugung von Verbindungen zwischen Akteuren mit Hilfe der Digitalisierung, die vorher noch nicht bestanden haben bzw. auf Grund räumlicher oder hierarchischer Trennung noch nicht bestehen konnten [RICH10]. Zum Einsatz kommen hier entsprechende IT-Tools, die aus dem Bereich der Office-Software bereits bekannt sind<sup>35</sup>; Diese eigentlich „zweckentfremdeten“ Lösungen erhöhen aber wiederum die Gefahr, dass Netzwerke gar nicht erst entstehen [PRIN14]. Social-Media-Software zur Vermeidung dieses und anderer Probleme können unter anderem nach den Elementen in Abb. 26 aufgeteilt werden, wobei Lösungen auf dem Markt oftmals mehrere Funktionen in sich vereinen.

### 2.5.2.4 Strukturierte Datenspeicherung und -zugriff

Der strukturierte Zugriff auf Wissen in einem Unternehmen kann durch *Dokumenten Management Systeme (DMS)* realisiert [NOTT13]. Mit deren Hilfe können elektronische Dokumente strukturiert und themenbezogen in Datenbanken archiviert werden. Durch Digitalisierung und Erkennung von Texten können dem System auch analoge

<sup>35</sup> Hierzu zählen E-Mail- und Kalenderprogramme oder Dateiablagen.

schriftliche Dokumente hinzugefügt werden. Um den Zeitaufwand zum Suchen und Finden von Dokumenten zu minimieren, werden diesen Meta-Daten hinzugefügt; dabei handelt es sich um zusätzliche Informationen, deren Zweck in der Strukturierung der abgelegten Inhalte liegt. Hinzu kommen Informationen über Zugriffsberechtigungen auf ein Dokument [BILI10]. Weitere Aufgaben eines DMS liegen in der Zugriffskontrolle, und -protokollierung, dem Ein- und Auschecken eines Dokumentes zur Sichtbarmachung, dass an einem Dokument gearbeitet wird und die Definition von Dokumentenverarbeitungsprozessen [GÖTZ01], [BILI10]. *Content Management Systeme (CMS)* haben eine ähnliche Aufgabe, nur dass hier die Inhalte und nicht deren (Dokumenten-) Formen im Vordergrund stehen, die über unterschiedliche Plattformen veröffentlicht werden können [FLEI08].

*Führungs- bzw. Managementinformationssysteme (FIS und MIS)* gehen hier noch einen Schritt weiter, da sie Daten nicht nur Such- und Durchsuchbar machen, sondern diese explizit zu Kennzahlen für einzelne Nutzer – zum Beispiel eine Führungskraft in einem bestimmten Bereich – zusammenfassen und darstellen. Diese Daten können von verschiedenen anderen Systemen oder Nutzern gespeist werden, was Entscheidungen von Führungskräften auch auf unteren Hierarchieebenen transparenter gestalten sollen, da diese auf einer gemeinsam akzeptierten Datenbasis beruhen [VASI17]. Aus den Informationen können direkt Visualisierungen [HICH09] oder Unternehmensanalysen<sup>36</sup> abgeleitet werden.

#### 2.5.2.5 Lerndatenauswertung

In den Bereich der Aktionen (vgl. Abb. 24, S. 47), fällt der Umgang mit Daten zur Unterstützung von Entscheidungen. So bietet die Auswertung lernbezogener Daten die Möglichkeit Daten aus den Lernprozessen der Beschäftigten eines Unternehmens zu sammeln und diese besser zu steuern. Zum Einsatz kommen dabei das Instrument des *Educational Datamining (EDM)*, als auch des *Learning Analytics (LA)* [EBNE13]. Dabei basiert der Ansatz des EDM auf dem generellen Konzept des Datamining, welches das Ziel des strukturierten Sammelns und Auswertens großer Datenmengen verfolgt. Geschieht dies im Kontext des Lernens, wird dies als EDM bezeichnet [ROME10]. So wird für den Ansatz eine große Menge an Lerndaten benötigt, die zum Beispiel aus ELearning-Webseiten stammen. Aus diesen lassen sich dann Cluster und Lern-Profile bilden, um Lernangebote zielgerichtet verändern zu können [EBNE13]. Das Konzept

---

<sup>36</sup> Hier kommt beispielsweise das Konzept des Business Intelligence (BI) zum Einsatz [DEDI16].

des LA ist dabei individueller. Im Fokus liegt hier die Suche nach Daten, die den Lernfortschritt und das Verhalten der Lernenden repräsentieren; diese können von den Lehrenden dazu genutzt werden, um den Lernprozess einzelner Personen zu verbessern [NEUH13]. Die Lehrperson bleibt also im Zentrum des pädagogischen Handelns [EBNE13].

Durch das kontinuierliche Erheben von Daten welche eindeutig einer Person zugeordnet werden können, müssen allerdings auch die Rechte dieser Personen bezüglich der *Autonomie* ihrer *Daten* berücksichtigt werden. Dazu gehört, dass die Personen stets wissen müssen, welche Daten von ihnen in entsprechenden Systemen gespeichert werden und die Möglichkeit diese individuell anderen Personen – zum Beispiel im Rahmen der LA – für die Auswertung zur Verfügung zu stellen [FLEI13].

#### 2.5.2.6 Digitale Zusammenarbeit

Ein weiteres Element im Bereich der Aktionen (vgl. Abb. 24, S. 47), bildet die digital gestützte Zusammenarbeit in Form des *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*. Diese sind im einfachsten Fall E-Mail-Systeme, die einen einfachen Austausch von Informationen bieten, können aber auch spezialisierte Systeme sein, die eine asynchrone oder synchrone Zusammenarbeit erlauben [STUR00]. Dabei findet bei der Arbeit in einem asynchronen System keine Kommunikation der Nutzer statt, was die Gefahr erhöht, dass gleichzeitig Veränderungen an einem Dokument vorgenommen werden können. Aus diesem Grund müssen die zu verändernden Elemente hier wie bei dem DMS temporär gesperrt werden können. In einem synchronen System, arbeiten die Nutzer gleichzeitig zusammen und tauschen sich in Echtzeit aus [STUR00], wobei auch diese Systeme eine Zusammenarbeit nur fördern, aber nicht erzwingen können [BORG95]. Workflowmanagement bildet dabei eine besondere Form des CSCW, weil hier eine vorgegebene Abfolge von Prozessschritten als Ausgangspunkt der Zusammenarbeit dient [MAUR96]. Die Nutzer arbeiten innerhalb des Prozesses verschiedene Schritte ab und das System übernimmt die Vorgabe der jeweils durchzuführenden Aufgaben, die Darreichung der benötigten Dokumente, die Speicherung der Zwischenergebnisse und anschließende Weitergabe für den nächsten Prozessschritt. So sollen bestimmte Routinemaßnahmen kontinuierlich und wiederholbar durchgeführt werden [BRAC18].

### 2.5.3 Zusammenfassung

Tab. 2 zeigt, dass die vorgestellten Systeme die in Abb. 23 und Abb. 24 dargestellten Ebenen der Automatisierungs- und Wissenspyramide jeweils abdecken. Ein grundsätzlicher Nutzen bei den Systemen und Konzepten ist dabei im Unternehmen gegeben; daraus folgt allerdings die Frage, wie hoch deren Potential im KVP ist bzw. ob diese Konzepte schon ihren Einsatz im KVP haben.

**Tab. 2: Softwaresysteme und Digitalisierungskonzepte für den KVP**

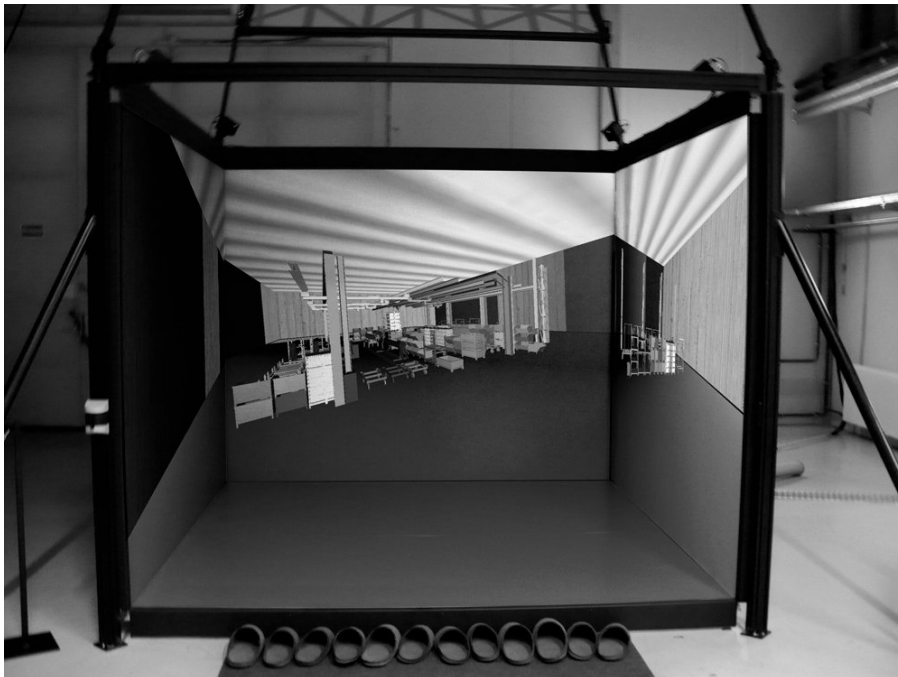
<b>Bezeichnung</b>	<b>Software/ Digitalisierungskonzept</b>
CIM	CAP
	CAE
	CAD
	CAM
	CAQ
IT-Systeme in Geschäftsprozessen	PLM (PDM)
	PPS (ERP)
	MES
Digitale Fabrik	
Datenerfassung in der Produktion	BDE, MDE
	Prozessleitsystem
	Smart Factory
Digitale Zusammenarbeit	CSCW
	Workflowmanagement
Lerndatenauswertung/ -analyse	Learning Analytics
	EDM
	Datenautonomie
Strukturierte Datenspeicherung und -zugriff	DMS, CMS
	FIS
Enterprise Gamification, Serious Games	
Unternehmens-Social-Media	
Visualisierungen	Visual Management
	VR
	AR
	DMU

## 2.6 Aktuelle Ansätze zur Digitalisierung des KVP

Weiterhin der dritten Forschungsfrage nach den Möglichkeiten zur Digitalisierung des KVP folgend (vgl. Kap. 1.2), werden in diesem Kapitel Forschungsansätze und Lösungen zur Umsetzung eines digitalen KVP beschrieben. Die entwickelten KVP-Typen werden dabei zur Strukturierung eingesetzt (vgl. Kap. 2.3.4).

### 2.6.1 Forschungsansätze

Nach einordnenden und strukturschaffenden Forschungen der bis etwa 1990er Jahre, die zum Beispiel Reifegradmodelle für den KVP entwickelt haben [BESS01], beschäftigen sich aktuelle Forschungsansätze vor allem mit der Gestaltung einzelner Elemente des KVP. So nutzen AURICH, OSTERMAYER und WAGENKNECHT das Konzept eines VR-basierten KVP-Workshops, um Verbesserungen in der virtuellen Umgebung einer VR-Cave umzusetzen und zu evaluieren (vgl. Abb. 27) [AURI09].



**Abb. 27: Bild einer VR-Cave [AURI11]**

Dazu werden zunächst Daten aus Systemen wie CAD, Datenflusssimulationen, ERP und Digitaler Fabrik entnommen, um diese anschließend in ein VR-Modell zu überführen. In diesem können dann virtuelle KVP-Workshops durchgeführt werden, um verschiedene Lösungsarten in Form von Experimenten zu überprüfen. Die Ergebnisse werden anschließend in die reale Produktionsumgebung rückübertragen, beispielsweise in Form von Umgestaltungen oder Hilfsmitteln [AURI06], [OSTE08], [MENC12]. Der Ansatz entspricht damit dem Konzept des Vorschlagswesens bzw. KVP Typ A. Auf Grund des teilweise sehr hohen Aufwandes zur Erstellung der virtuellen Umgebungen, was sich



besonders verschärft, wenn keine 3D- oder CAD-Daten verfügbar sind, beschäftigen sich einige Autoren mit der Vereinfachung des Abbildungsprozesses [GONG17]. So können 3D-Scanner zum Abscannen der Produktionsumgebung eingesetzt werden, wobei hier ebenfalls das Problem der anschließenden Umwandlung der Datenpunktwolke in manipulierbare Objekte bleibt.

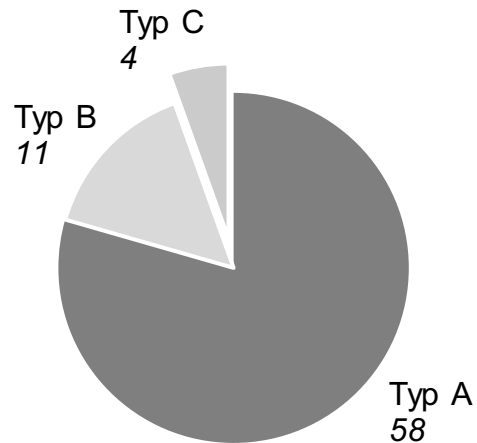
Die Methode *Simulation Aided Improvement* (*Melhoria Auxiliada por Simulação, MAPS*) verzichtet durch den Einsatz einer ereignisorientierten Simulation auf die Durchführung von echten oder virtuellen Experimenten; dazu wird zunächst ein Simulationsmodell der zu verändernden Umgebung entwickelt und es werden potentielle Ideen für Verbesserungen gesammelt. Im Rahmen von Simulations-Workshops werden dann die verschiedenen Verbesserungslösungen bzw. deren potentielle Veränderungen auf das Gesamtsystem simuliert, um einen zukünftigen Zustand der Produktion zu definieren. Wenn die entsprechenden KVP-Ziele erreicht wurden, können diese in die Produktion übertragen werden [OLIV16]. Der Ansatz folgt damit einer Reihe von Vorgängern, die sich grundsätzlich mit der Simulation von potentiellen Leanverbesserungen [STAN06] oder der Entwicklung eines optimalen Wertstroms unter Berücksichtigung von Handlungsalternativen [WOLF13], [RÖBL16] beschäftigen.

Weitere Ansätze der digitalen Unterstützung des KVP adressieren vor allem das Feld der Informationsspeicherung und -findung während des KVP. So schlagen BAUMHAUER et al. ein System zur Kategorisierung von KVP-Elementen wie Arbeitsbereiche, involvierte Beschäftigte, das verbesserte Objekt, Status im PDCA-Zyklus und weitere vor. Mittels klassischer Suche (*Informations-Pull*) können diese Elemente gefunden werden und als Anregung für eigene Verbesserungsmaßnahmen dienen. Alternativ kann ein Suchagent angelegt werden (*Informations-Push*), welcher nach bestimmten Schlüsselwörtern oder Prozesseigenschaften sucht und diese in einem Newsletter automatisch versendet [BAUM15].

### 2.6.2 Softwarelösungen

Im Rahmen einer umfangreichen Softwarerecherche wurden insgesamt 127 Softwarelösungen bezüglich ihrer Eignung für die Verwendung im KVP analysiert. Berücksichtigt wurden Lösungen, die KVP/ CIP bzw. ähnliche Elemente wie BVW als Funktion ausweisen.

Ein großer Teil der untersuchten Software (54) bildet keine der drei KVP-Typen ab, obwohl sie in der ersten Sichtung als aussichtsreiche Kandidaten galten. So dienen sie zum Beispiel dem Dokumentenmanagement, Audits oder der Steuerung des Materialversorgungsprozesses mit Kanban.



**Abb. 28: Verteilung der 73 identifizierten Softwarelösungen über die KVP-Typen**

Etwa 80% der verbleibenden 73 Lösungen können dem Typ A zugerechnet werden, vgl. Abb. 28. Diese Tools unterstützen vor allem das BVW und vereinfachen den Prozess des Ideensammelns, Auswertens und Verwaltens. Ein Vertreter dieser Kategorie ist die KVP-APP [FRAU18], mit der Beschäftigte per Smartphone einen Verbesserungsvorschlag in ihrem Unternehmen einreichen können. Dabei können sie ihren Vorschlag mit Bildern, Texten und einem Verbesserungszweck, wie Qualität, Lieferzeit, Kosten oder Sicherheit ausstatten. Die Vorschläge werden automatisch an KVP-Koordinatoren versandt und von diesen gesammelt, sodass die Vorschläge bewertet und eventuell umgesetzt werden können.

Weitere 15% dienen zur Unterstützung des KVP vom Typ B. Dazu gehören Lösungen zur Produktionsüberwachung, aber auch Apps, die explizit für die Aufnahme von Abweichungen/ Problemen im Sollzustand konzipiert sind. Dazu gehört beispielsweise der FACTORYMINER [FACT19]. In diesem werden produktionsnahe Kennzahlen wie OEE (Overall Equipment Effectiveness) oder Stückzahlen erfasst, um die Analyse der Abweichungen zu ermöglichen und entsprechende Gegenmaßnahmen zu initiieren. Nur vier Lösungen (5%) können dem KVP vom Typ C zugeordnet werden.

Tab. 3 zeigt, dass die Abdeckung der verschiedenen KVP-Bereiche schwankt. Der Grund liegt in den unterschiedlichen Ansätzen der Lösungen. So bieten nur zwei Lösungen die Möglichkeiten Kennzahlen in Echtzeit auf Basis der BDE oder einer OEE-Auswertung zu erhalten. So können Verbesserungsmaßnahmen auf quantitativen Zielen aufgebaut werden, die mit der aktuellen Ist-Situation verglichen wird. Allerdings bietet COSMINO MES PLUS [COSM19] beispielsweise wiederum keinen integrierten PDCA-Zyklus zur systematischen Bearbeitung von Verbesserungsmaßnahmen. TREVOS [ENOB19] und TERVENE [TERV19] geben zwar strategische KVP-Ziele vor, diese ba-

sieren allerdings auf quantitativen Beobachtungen wie sie zum Beispiel im Rahmen eines Gemba Walks<sup>37</sup> entstehen und in den Tools dokumentiert werden können; qualitative Ziele fehlen hier.

**Tab. 3: Lösungen zur Unterstützung des KVP vom Typ C [HAHN18]**

	TREVIOS	COSMINO MES PLUS	KVP GUIDE	TERVENE
Vision, Leitbild, Strategie	◐	○	●	○
Kennzahlen	○	●	◐	○
Zielzustand	◐	◐	◐	◐
Ist-Zustand	◐	◐	◐	◐
PDCA-Zyklus	●	○	●	●
1-Faktor Experimente	◐	○	◐	○
Wertstromfokussierung	◐	○	○	○
Standards und stabile Prozesse	◐	◐	◐	○
Dokumentation	●	●	●	●
Wissensmanagement	●	●	●	●
Coaching	○	○	○	○
KVP-Organisation	○	○	○	○
Kompetenzentwicklung	○	○	○	○
Anerkennung	○	○	○	○
Motivation	○	○	○	○
Verbesserungsbewertung	◐	●	●	◐

Sowohl bei der Lösung KVP GUIDE [GESE19], als auch bei den anderen Lösungen wird weiterhin kein Fokus auf das Thema Coaching gelegt. Auch wird der Entwicklung der einzelnen Beschäftigten im KVP kein Wert beigemessen; diese bleiben reine Akteure in der Prozessverbesserung, ohne zu dokumentieren wie sich die Beschäftigten möglicherweise verbessert haben.

<sup>37</sup> Ein Gemba Walk bezeichnet eine systematische Begehung der Produktionsumgebung mit dem Ziel Verbesserungspotentiale und Verschwendungen in den Prozessen zu identifizieren. Gemba bildet dabei den „Ort des Geschehens“ an dem die wertschöpfenden Prozesse stattfinden [IMAI97].

## 2.7 Entwicklungsprozessmodelle

In diesem Kapitel soll auf die vierte Forschungsfrage Bezug genommen werden, um zu beantworten, welche systematische Vorgehen sich für die Entwicklung einer digitalen KVP-Methodik eignen (vgl. Kap. 1.2). In der Literatur sind eine Reihe von Vorgehensmodelle bekannt, welche die jeweils durchzuführende Aufgaben in jedem Schritt der Entwicklung vorgeben und so die Entwickler entlasten [LIND09]. Der Einsatz von solchen Modellen wird nachdrücklich empfohlen, da eine große Anzahl an Entwicklungen an mangelnder Kommunikation zwischen Auftraggeber und -nehmern [LIND09], den geplanten Nutzern und Entwicklern [SHNE05] oder der generellen Akzeptanz der Lösung scheitern [DAHMO6]. Der Aufstellung von KÖNIG folgend, werden im Anschluss verschiedene Arten von Vorgehensmodellen dargestellt [KÖNI12b]. Am Beispiel des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses sollen außerdem ausgewählte Elemente vorgestellt werden, die im Rahmen der Entwicklung von interaktiven Systemen relevant sind.

### 2.7.1 Übersicht

Es können eine Reihe von Vorgehensmodellen unterschieden werden, die in ihrer historischen Entwicklung teilweise aufeinander aufbauen.

#### *Sequentielle Modelle*

Diese basieren zunächst darauf, dass festgelegte Schritte in einer bestimmten Reihenfolge durchlaufen werden [GIET96]. Es werden keine Schritte wiederholt und sie enden jeweils mit einem definierten Ergebnis, was der Qualitätssicherung zugutekommt [BUNS08]; andererseits können gemachte Fehler normalerweise nicht oder nur sehr schwer rückgängig gemacht werden [SPEC01]. Nutzer gehören nicht oder nur am Ende im Rahmen der finalen Evaluation, zum Projektteam [SARO06]. Vertreter dieses Vorgehens sind Wasserfall-Modelle [VDI93] und das V-Modell zur Entwicklung von mechatronischen Systemen [VDI04].

#### *Iterative Modelle*

Diese Modelle verlassen diesen starren Rahmen und gehen zyklisch vor, das bedeutet, dass zwar eine Reihenfolge der Schritte definiert wird, diese aber absichtlich mehrfach durchlaufen werden, bis ein optimales Ergebnis erreicht wird [BUNS08]. Dieses Vorgehen ist besonders für die Gestaltung von Oberflächen und Mensch-Maschine-Schnittstellen geeignet, da es hier zu einer möglichst großen Anzahl an Evaluationen durch die Nutzer kommen soll [SPEC01]. Ein Nachteil ist hier allerdings die schlechte zeitliche und somit monetäre Planbarkeit [SPEC01], auch wenn so natürlich Kosten gespart werden, wenn bereits früh Fehlentwicklungen erkannt werden können [JACK80]. Beispiele

für solche Vorgehen sind Spiralmodelle [BOEH88], aber auch der PDCA-Zyklus, wie er im KVP vom Typ C verwendet wird (vgl. Kap. 2.3.2.1).

### *Prototypische Modelle*

Eine Weiterentwicklung von diesen sind Modelle, in denen Prototypen im Wechsel erstellt und evaluiert werden [BUNS08]. Im Bereich der Softwareentwicklung beschreibt ein Prototyp eine „spezielle Ausprägung eines ablauffähigen Software-Systems“ [GIET96]. Dabei ist der Umfang des Prototypen stark von der Phase im Entwicklungsprozess abhängig: Reichen am Anfang noch Prototypen basierend auf Stift und Papier, „reifen“ diese im Laufe des Projekts [KÖNI12b], [STAN14]. Dabei besteht allerdings die Gefahr zu früh komplexe Prototypen zu entwickeln, die bei den Nutzern den Eindruck erwecken können, dass es nichts mehr zu evaluieren gäbe, weil die Umsetzungsentscheidungen schon getroffen sind [GIET96]. Zu den Vertretern von prototypischen Modelle gehören Ansätze aus dem Bereich der agilen Softwareentwicklung [MEMM07].

### *Nutzerfokussierte Modelle*

Hier partizipieren die Nutzer während der gesamten Entwicklungsphase [PESC87]. Neben den Probandenversuchen, bringen sich die Nutzer auch als Designer, Mitentscheider und sogar Gestalter ein [ORTL93], [EASO95], [DRUI02]. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die technischen Umsetzer in einem komplexen Projekt nicht über die notwendige Fachexpertise des Anwendungsgebietes verfügen [KÖNI12a]. Weiterhin relevant ist natürlich die höhere Akzeptanz einer Lösung bei den Nutzern, wenn diese aktiv mitentwickelt haben [DAHM06]. Auch hier gibt es bereits eine Reihe von Umsetzungen dieser Vorgehensweise [FLOY97], [BRUD11].

### *Erlebensfokussierte Modelle*

Eine weitere Entwicklung bilden schließlich Modelle, in denen alle Projektbeteiligten eine Problemstellung tatsächlich erleben sollen [KÖNI12b]. Im Vordergrund steht also nicht das reine Design zum Beispiel einer Oberfläche, sondern die Berücksichtigung der Aktivitäten, die mit einer Softwarelösung durchgeführt werden sollen [NORM05]. Dieser Ansatz wird unter anderem in der Schule des „Design Thinkings“ umgesetzt [KÖNI12b].

### *Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess*

Dieses nach DIN EN ISO 9241-210 normierte Modell nimmt eine Sonderrolle in der Aufstellung ein, weil das Vorgehen Ansätze aus verschiedenen Modellen vereint [DIN10]. Menschenzentriert bedeutet hier, dass nicht nur Nutzer, sondern alle

„Stakeholder, die ein Anrecht, einen Anteil, einen Anspruch oder ein Interesse auf ein bzw. an einem System oder an dessen Merkmalen haben, die ihren Erfordernissen und Erwartungen entsprechen“ [DIN10]

berücksichtigt werden können. Die Norm wird durch insgesamt sechs Grundsätze definiert, die die Grundlage der Aktivitäten bilden [DIN10]:

- Die Gestaltung beruht auf einem umfassenden Verständnis der Benutzer, Arbeitsaufgaben und Arbeitsumgebungen,
- die Benutzer sind während der Gestaltung und Entwicklung einbezogen,
- das Verfeinern und Anpassen von Gestaltungslösungen wird fortlaufend auf der Basis benutzerzentrierter Evaluierung vorangetrieben,
- der Prozess ist iterativ,
- bei der Gestaltung wird die gesamte User Experience berücksichtigt und
- das Gestaltungsteam vereint fachübergreifende Kenntnisse und Gesichtspunkte.

Die User Experience beschreibt dabei die Art und Weise wie Informationen dargestellt und verarbeitet werden. Dies betrifft zum einen die funktionellen Fähigkeiten, aber auch die Verarbeitungsleistung eines System [DIN10].

### 2.7.2 Ausgewählte Elemente von Entwicklungsprozessmodellen

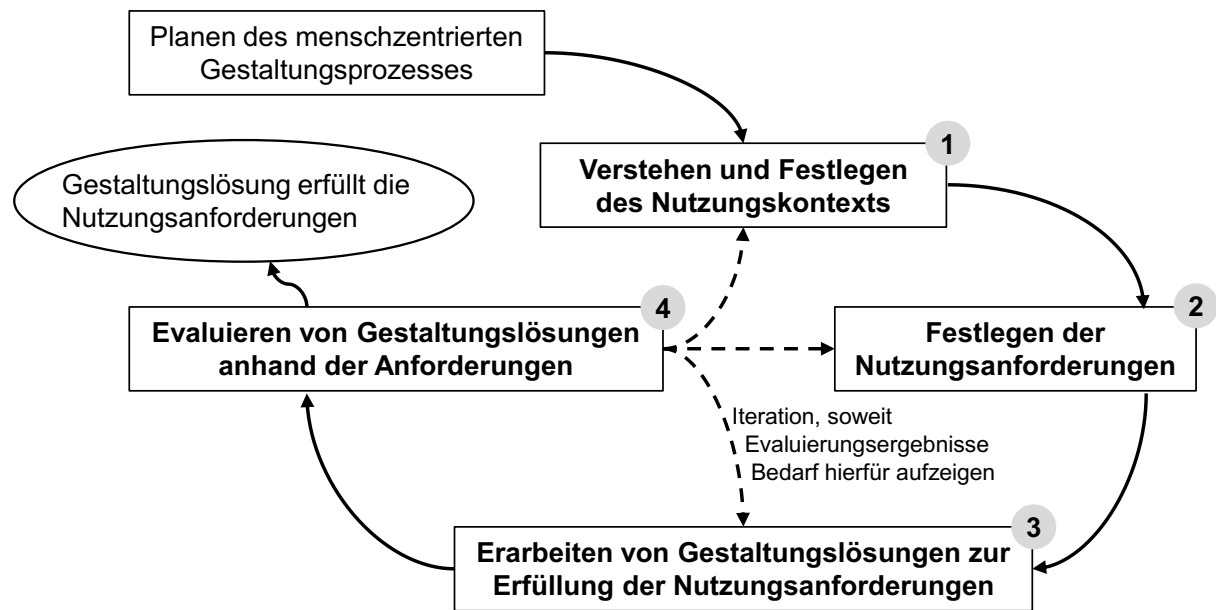
Im Folgenden sollen verschiedene Elemente zur Operationalisierung von Gestaltungsprozessen vorgestellt werden. Dabei bildet der menschenzentrierte Gestaltungsprozess mit seinen vier zentralen Phasen, die nach Bedarf iterativ wiederholt werden können, den Rahmen (vgl. Abb. 29).

#### 2.7.2.1 Verstehen und Festlegen des Nutzungskontexts

Im Rahmen der Nutzungskontextanalyse müssen die Eigenschaften und Rahmenbedingungen, die

- aus den Stakeholdern,
- den Zielen und Arbeitsaufgaben und
- der geplanten Einsatzumgebung

abgeleitet werden, berücksichtigt werden. Im betrieblichen Kontext gehören dazu beispielsweise Kenntnisse, Fähigkeiten oder der Ausbildungsgrad. Bei den Zielen und Arbeitsaufgaben werden eine Definition der üblichen Arbeitsinhalte und deren Kontext in der Organisation aufgegriffen. Die Umgebung wird durch soziale Aspekte der Organisationsstruktur, aber auch technische Rahmenbedingungen wie verwendete Softwaresysteme oder Hardware bestimmt.



**Abb. 29: Phasen der menschenzentrierten Gestaltung mit Anpassungen aus [DIN10]**

### 2.7.2.2 Festlegen der Nutzungsanforderungen

Das Festlegen von Anforderungen kann – per Definition – zu Beginn nicht direkt vollständig sein. Hier müssen möglichst alle Stakeholder einbezogen werden. Konflikte zwischen unterschiedlichen Anforderungen müssen adressiert und durch Abwägung gelöst werden, wobei die Norm hier keine konkreten Methoden vorschlägt. Gebräuchlich ist es allerdings die Anforderungen mit Hilfe eines Lastenhefts zu formulieren und dieses vor dem nächsten Schritt (vgl. Kap. 2.7.2.3) in ein technisches Pflichtenheft zu übertragen, welches zum Beispiel in einem Softwareprojekt von den Programmierern gepflegt wird [TEIC08]. Wichtig ist, dass es hier zu einer regelmäßigen Aktualisierung kommt, falls sich in späteren Schritten Änderungen an den Anforderungen ergeben sollten.

### 2.7.2.3 Erarbeiten von Gestaltungslösungen zur Erfüllung der Nutzungsanforderungen

In dieser Phase werden Entwürfe für die Softwarelösung erarbeitet. Wie bereits beschrieben, können diese Prototypen im Laufe des Projektes eine zunehmende Komplexität erreichen (vgl. Kap. 2.7.1) und durch verschiedene Dimensionen beschrieben werden (vgl. Abb. 30).

Eine Dimension bildet die Unterscheidung nach dem verwendeten Medium (1): Einfache Prototypen bestehen nur aus einem *Storyboard*, welches die geplante Funktion einer Softwarelösung in statischen Abbildungen beschreibt. Ähnlich funktionieren auch *Papier-Prototypen*, bei denen je nach Interaktion des Nutzers Abbildungen durch einen Menschen ausgetauscht werden. In einer *Wizard-of-Oz-Simulation* übernimmt ein

Mensch zusätzlich audiovisuelle Funktionen wie eine Sprachein- und -ausgabe. *Vollständige Prototypen* sind ebenfalls möglich [STRU11]. Unterscheidbar sind Prototypen auch nach Orientierung (2); sie bilden ausgewählte Funktionen entweder im Detail (*vertikal*), oder alle geplanten Funktionen nur oberflächlich ab (*horizontal*) [NIEL93]. Der Grad der Fidelity (3) beschreibt wie ähnlich ein Prototyp bereits der finalen Lösung ist; hier gibt es eine gewisse Korrelation mit dem verwendeten Medium, da Storyboards und Papier-Prototypen einer niedrigen Fidelity und vollständige Prototypen eher einer hohen Fidelity entsprechen [MCCU06], [STRU11]. Auch eine Unterscheidung nach dem Einsatzzweck (4) ist möglich. Mit *experimentellen Prototypen* werden nur ausgewählte Tests gemacht und diese dann verworfen. *Explorative Prototypen* werden als Diskussionsgrundlage und zu Präsentationszwecken von ausgewählten Funktionen verwendet. Nur *evolutionäre Prototypen* werden tatsächlich in jedem Schritt des Entwicklungsprozesses weiterentwickelt [HALL01]. Die physische Umsetzung (5) kann aus einem *Hardware-* oder *Softwareprototypen* bestehen, um jeweils unterschiedliche Elemente wie die Software-Usability oder die Positionierung von Hardware-Buttons zu testen [SCHN11].

Nr.	Dimension	Ausprägung			
1	Verwendetes Medium	Storyboard-Präsentation	Papier-Prototyp	Wizard-of-Oz-Simulation	Vollständig
2	Orientierung	Horizontal		Vertikal	
3	Grad der Fidelity	Niedrig		Gemischt	Hoch
4	Einsatzzweck	Experimentell		Explorativ	Evolutionär
5	Physische Umsetzung	Software		Hardware	

**Abb. 30: Morphologie von Prototypen basierend auf [KÖNI12b]**

Für die inhaltliche Gestaltung von Prototypen und Softwarelösungen kann sich an den Grundsätzen der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110 orientiert werden [DIN06]: So fordert die *Aufgabenangemessenheit*, dass alle Funktionen, die ein Benutzer benötigt, um die gestellten Aufgaben zu lösen (vgl. Kap. 2.7.2.1), in einem Programm abgebildet werden müssen. Die *Selbstbeschreibungsfähigkeit* definiert, dass ein System den Nutzer jederzeit darüber informiert muss, was es gerade tut und was von dem Nutzer als nächste Eingabe erwartet wird. Im Rahmen der *Steuerbarkeit* muss ein Nutzer die Möglichkeit haben, einen Prozess zu steuern und jederzeit ohne Datenverlust zu unterbrechen. Die *Erwartungskonformität* legt fest, dass ein Nutzer zu keiner Zeit von einer Softwarelösung „überrascht“ werden darf; es muss also zu jeder Zeit festste-



hen was als nächstes in der Software passiert. Kern der *Fehlertoleranz* bildet die Anforderung, dass ein System so gestaltet sein muss, dass seine Funktionsweise auch beim Auftritt eines noch unbekannten Fehlers gegeben ist und es nicht unkontrolliert „abstürzt“. Eine Softwarelösung soll außerdem durch Einstellungen von den Nutzern an ihre Bedürfnisse angepasst werden können (*Individualisierbarkeit*). Die *Lernförderlichkeit* beschreibt schließlich, dass ein System von einem Nutzer ohne fremde Hilfe oder explizites Handbuch erschlossen werden kann und dieses dafür Hilfestellungen bieten soll.

#### 2.7.2.4 Evaluieren von Gestaltungslösungen anhand der Anforderungen

In der letzten Phase erfolgt die Evaluierung der bis hierhin erarbeiteten Lösung. Neben der Frage nach der Funktionserfüllung einer Lösung, werden hier vor allem *Usability-Tests* durchgeführt. Der Begriff beschreibt nach DIN EN ISO 9241-11 das Ausmaß,

in dem ein System [...] durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden [kann], um festgelegte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen [DIN18].

Abhängig von der Phase und dem Reifegrad des Prototypen können unterschiedliche Methoden zur Evaluierung eingesetzt werden. Hierbei können unter anderem die oben beschriebenen Gestaltungsgrundsätze in Form von Fragebögen und Checklisten als Messinstrumente herangezogen werden. In der Literatur sind dazu eine Reihe von standardisierten Dokumenten bekannt, die bereits mehrfach erprobt sind [SARO06]. Diese unterscheiden sich vor allem in ihrem Aufbau und der konkreten Fragestellung. So erhebt der *ErgoNorm-Benutzerfragebogen* der DEUTSCHEN AKKREDITIERUNGSSTELLE (DAKKS) rein qualitativ Probleme bei einer Software [DEUT10]. Dem hingegen weist zum Beispiel die Befragung mit Hilfe der ISONORM 9241/110 eine mehrstufige Bewertungsskala auf und kann daher auch für die statistische Auswertung verwendet werden [PRÜM93].

Insgesamt sind sowohl Untersuchungen im Labor, als auch im Feld unter Einbeziehung von Experten oder allen Nutzern möglich. Mit Hilfe einer Expertenbefragung zu einem frühen Zeitpunkt können Ressourcen für die Entwicklung gespart werden, wofür sich beispielsweise ein *Expert Cognitive Walkthrough Usability Test* [SHNE05] eignet. In diesem werden *Szenarien* – also Arbeitsaufgaben in einem bestimmten Kontext – definiert, die die Experten aus Sicht eines Nutzers durchlaufen sollen. Zur Erstellung der Szenarien können zum einen Tätigkeitsanalysen, aber vorgegebene Arbeitsanweisungen verwendet werden [KÖNI12b].

Feldversuche mit echten Nutzern werden bei Langzeitbeobachtungen eingesetzt. Hier

werden Datenerhebungsmethoden aus der qualitativen Sozialforschung wie Befragungen oder Beobachtungen verwendet [DÖRI16b].

## 2.8 Fazit und Handlungsbedarf

Mit Hilfe der Ausführungen der vorherigen Kapitel sollen nun die eingangs aufgestellten Forschungsfragen (vgl. Kap. 1.2) beantwortet werden, um darauf aufbauend den Forschungsbedarf zu formulieren:

1. *Welche KVP-Ansätze sind in der Literatur und Praxis bekannt, wie entwickeln diese Ansätze Unternehmen zielgerichtet weiter und wie wird die Rolle des Menschen in diesen berücksichtigt?*

Wie Kap. 2.3.4 zusammenfassend zeigt, adressieren die unterschiedlichen KVP-Ansätze verschiedene Fragestellungen im Unternehmen. Wohingegen der Typ A und B vor allem auf kurzfristige Erfolge und Reagieren auf Abweichungen abzielen, verfolgt Typ C ein strategisches Ziel. Außerdem adressiert nur dieser Ansatz die Rolle des Menschen und weist den Beschäftigten jeweils eine explizite Aufgabe und die Möglichkeit zur (Kompetenz-) Entwicklung zu; dieser Aspekt findet in den KVP-Typen A und B nur zufällig und ungeplant statt. Durch den strategischen und organisationalen Ansatz des Typ C KVP ist diese Weiterentwicklung dauerhaft gegeben, was besonders für die Rolle der Führungskraft in einem Unternehmen von Relevanz ist.

2. *Mit welchen konkreten Problemen sind Unternehmen in der praktischen Anwendung des KVP konfrontiert?*

In Unternehmen treten eine Reihe von Problemen im Umgang mit KVP-Systemen auf. Aus der Gliederung der Probleme aus Kap. 2.4.2 lässt sich ableiten, dass bei der Adressierung der Probleme in einem digitalen KVP-System zum einen das technische System an sich, aber auch die Einbettung des Systems in die Organisation und die Berücksichtigung der Anforderungen der Menschen beachtet werden muss. Dies ist allerdings kein Argument gegen die digitale Unterstützung des KVP, sondern bietet im Gegenteil eine Reihe von Potentialen zum zielgerichteten Einsatz ebendieser, wenn die Verzahnung zwischen Mensch und technischem System schon während der Gestaltungsphase berücksichtigt wird.

Zur Lösung der aufgeführten Probleme sind nicht alle KVP-Ansätze gleich gut geeignet. So ist besonders der KVP vom Typ C prädestiniert eine Reihe von Problemen wie beispielsweise P2 (fehlende Routinen) und P10 (fehlende Zielsetzung) zu lösen, weil die

Elemente der Beschäftigtenentwicklung mit Routinen und die Zielvorgabe inhärente Merkmale dieses KVP Ansatzes sind.

3. *Kann das Instrument des KVP – wie andere Instrumente der schlanken Produktion – digitalisiert werden und existieren bereits Ansätze zur Digitalisierung des KVP in Theorie und Praxis?*

Eine Reihe von IT-Systemen bieten Potentiale zur Unterstützung eines KVP-Systems (vgl. Kap. 2.5.3). So ist es in der Literatur unumstritten, dass durch digitale Systeme die Effizienz eines Unternehmens in Bezug auf die Durchführung von Prozessen, Verarbeitung von Daten und der Austausch von Informationen verbessert werden kann [LOO13]. Andererseits besteht die Gefahr, dass sich Beschäftigte „blindlings“ auf digitale Daten verlassen und dabei eine Entfremdung zu den eigenen Arbeitsprozessen stattfindet [KAGE13] oder bestimmte Problemlösungsansätze ver- bzw. nicht erlernt werden [SAND15]<sup>38</sup>.

Wie Kap. 2.6.1 zeigt, werden in aktuellen Forschungsansätzen vor allem zeitliche und organisatorische Potentiale im KVP erschlossen, indem die aufwendigen Experimente und Versuche – das Hinterfragen einer möglichen Lösung im KVP – substituiert oder nur deren potentielle Umsetzung simuliert werden. Die Frage bleibt allerdings wie hoch diese (zeitlichen) Einsparungen tatsächlich ausfallen, da alle Autoren den hohen Aufwand für die Erstellung der virtuellen KVP-Umgebungen bzw. Simulationsmodelle kritisieren [AURI09], [OLIV16], [GONG17]. Reine Ansätze zum verbesserten Datenspeichern und -wiederfinden stellen zwar eine grundsätzliche Verbesserung für den KVP dar, adressieren aber nur einzelne Elemente aus diesem.

Der Überblick über Lösungen am Markt (vgl. Kap. 2.6.2) zeigt, dass ein sehr großer Anteil der Lösungen den KVP vom Typ A und B abbildet, es bisher aber noch kein Tool gibt, das alle Elemente des KVP vom Typ C abdeckt. Bestimmte Elemente wie die Unterstützung des Coachingprozesses fehlen bei allen Lösungen; es ist fraglich, ob die Probleme im KVP mit diesen zu lösen sind, besonders da ein großer Teil der Probleme im menschlichen und organisatorischen Bereich angesiedelt sind (vgl. Tab. 1, S. 43).

---

<sup>38</sup> Diese Gefahr wurde bereits 1983 von BAINBRIDGE als „Ironies of Automation“ beschrieben: Ein Operator verliert in einem zuverlässigen, automatisierten System – mangels Training – die Fähigkeit dieses System zu bedienen und zu warten [BAIN83].

4. *Welches systematische Vorgehen eignet sich für die Entwicklung einer digitalen KVP-Methodik?*

Die vorgestellten Entwicklungsprozesse weisen jeweils spezifische Eigenschaften auf, die in der vorliegenden Situation der digitalen KVP-Methodik ihre Berechtigung haben. So müssen in einer KVP-Methodik-Entwicklung zunächst die zukünftigen Nutzergruppen der digitalen KVP-Methodik berücksichtigt werden. Da noch nicht bekannt ist, was deren Aufgaben in der digitalen KVP-Methodik sein werden, sollen diese in kleinzyklischen Entwicklungsschritten eingebunden werden. Hinzu kommen allerdings weitere Statusgruppen wie weitere Beschäftigte in der Produktion, Programmierer und Experten aus der Theorie und Praxis für das Thema KVP. Deren Fachwissen soll zwar in der Entwicklung berücksichtigt werden, sie gehören allerdings nicht zwangsläufig zu den primären Nutzern der Methodik.

Aus diesem Grund sind klassische – im Ingenieursbereich verbreitete – Modelle wie das V-Modell für die Entwicklung der Methodik nicht geeignet, sondern es muss ein Vorgehensmodell gewählt werden, welches

- ein iteratives Vorgehen berücksichtigt,
- Prototypen mit unterschiedlichen Reifegraden einsetzt und
- die unterschiedlichen Akteure im Rahmen der Entwicklung berücksichtigt.

Diese Anforderungen werden vor allem vom menschenzentrierten Vorgehen nach DIN EN ISO 9241-210 [DIN10][DIN10] erfüllt, welches daher den entwicklungstechnischen Rahmen für die Erstellung einer digitalen KVP-Methodik bilden soll.

5. *Können die in Frage 2 aufgezeigten Probleme durch eine digitale KVP-Methodik gelöst werden?*

Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass der Einsatz einer digitalen KVP-Methodik einen Mehrwert gegenüber analogen Ansätzen bilden kann. Ausgangspunkt dieser Methodik soll der KVP vom Typ C bilden, da dieser am besten geeignet scheint, die identifizierten Probleme zu lösen. In den bestehenden Forschungsansätzen und Lösungen kann allerdings keine zufriedenstellende digitale Umsetzung des KVP vom Typ C identifiziert werden.

In den folgenden Kapiteln dieser Arbeit soll daher zunächst die Entwicklung der Methodik mit Hilfe des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses vorgenommen werden, um die obige Forschungsfrage im Anschluss adressieren zu können.

### 3 Zielsetzung und Forschungskonzeption

Im Folgenden sollen die für den weiteren Verlauf der Arbeit relevante Zielsetzung und zugehörige Hypothesen gebildet werden. Außerdem wird die Forschungskonzeption der Arbeit vorgestellt.

#### 3.1 Zielsetzung und Hypothesen

Aus dem im vorherigen Kapitel formulierten Forschungsdesiderat lässt sich das weitere Forschungsziel ableiten:

*Ziel ist die menschenzentrierte Entwicklung einer digitalen KVP-Methodik zur Lösung von aktuellen Problemen in der betrieblichen Anwendung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.*

Die methodische Zentrierung auf den Menschen ist dabei besonders wichtig. Dies wird erreicht durch die Berücksichtigung der in Kap. 2.7.2.3 vorgestellten Elemente der Dialoggestaltung. Erste Haupthypothese (H) für die Entwicklung der Methodik lautet daher:

*H1: Die entwickelte digitale KVP-Methodik erfüllt die Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110.*

Zur abschließenden Beantwortung der fünften Forschungsfrage können zwei Haupthypothesen abgeleitet werden, die im weiteren Verlauf der Arbeit aufgegriffen werden sollen. So soll zum einen überprüft werden, ob die digitale KVP-Methodik die in Kap. 2.4 identifizierten Probleme im KVP löst oder zumindest deren Auswirkung gegenüber bisherigen KVP-Ansätzen vermindern kann:

*H2: Die aktuellen Probleme in der Anwendung des KVP werden mit der digitalen KVP-Methodik vermindert oder vollständig gelöst.*

Jedes Problem wird dazu in ein oder mehrere Teilhypothesen überführt (vgl. Anhang A.1). Des Weiteren soll im Laufe der Arbeit untersucht werden, ob der Lösungsgrad der Probleme von den KVP-Vorerfahrungen der Nutzer abhängig ist:

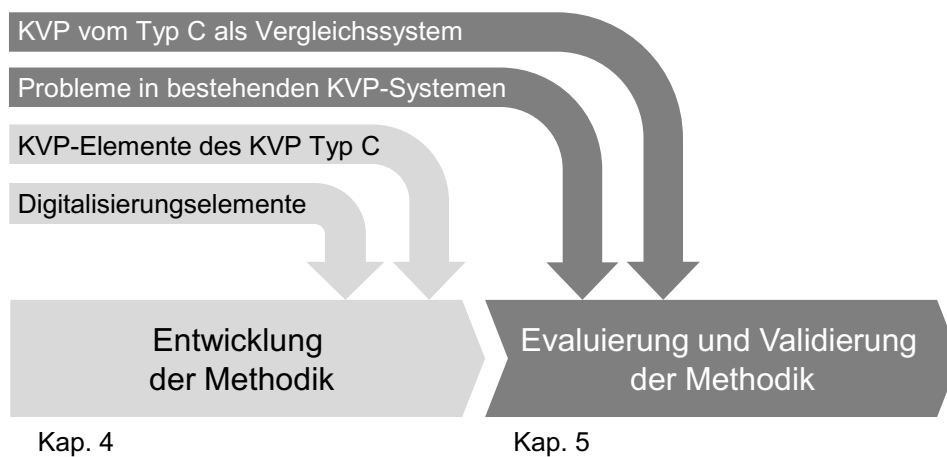
*H3: Die Bewertung der digitalen KVP-Methodik Systeme ist unabhängig von den Vorerfahrungen die Nutzer mit dem KVP haben.*

Für die Haupthypothese H3 werden keinen weiteren Teilhypothesen benötigt, sondern die Teilhypothesen von H2 sollen hierfür getrennt nach Nutzern mit KVP Vorerfahrung und ohne Vorerfahrung ausgewertet werden.

### 3.2 Forschungskonzeption

Die Forschungskonzeption der Arbeit teilt sich in zwei Phasen auf (vgl. Abb. 31). Dabei basiert die Methodikentwicklung sowohl auf den Elementen vom KVP Typ C (vgl. Kap. 2.3.4), als auch Digitalisierungselementen, die zur Verbesserung bzw. Unterstützung der KVP-Elemente beitragen können (vgl. Kap. 2.5.3).

Die einzelnen KVP-Elemente bilden zusammen mit den menschlichen Akteuren und der Einsatzumgebung ein soziotechnisches System, in welchem sich einzelne identifizierte Probleme (vgl. Kap. 2.4) nicht direkt in Anforderungen für eine neue Methodik übersetzen lassen. Nichts desto trotz sind die Probleme allerdings dazu geeignet, den Erfolg der Methodikentwicklung zu validieren, in dem die beschriebenen Probleme vermindert oder komplett beseitigt werden können. Um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, wird daher im Rahmen der Validierung die digitale Methodik mit einem analogen KVP Ansatz vom Typ C verglichen.



**Abb. 31: Forschungskonzeption zur Entwicklung der digitalen KVP-Methodik**

## 4 Menschzentrierte Entwicklung der digitalen KVP-Methodik

Im Folgenden sollen nun die Schritte zur Entwicklung der digitalen KVP-Methodik durchlaufen werden. Diese wird anhand des menschenzentrierten Entwicklungsansatzes nach der DIN EN ISO 9241-210 [DIN10] in mehreren iterativen Schleifen entwickelt, wozu eine Reihe von Szenarien-Nutzerstudien mit Entwicklungspassagen kombiniert werden. Da die Norm selber keine Methoden zur Ausgestaltung der zentralen Phasen vorgibt, müssen diese für die Operationalisierung der Norm definiert werden, was im folgenden Kapitel vorgestellt wird.

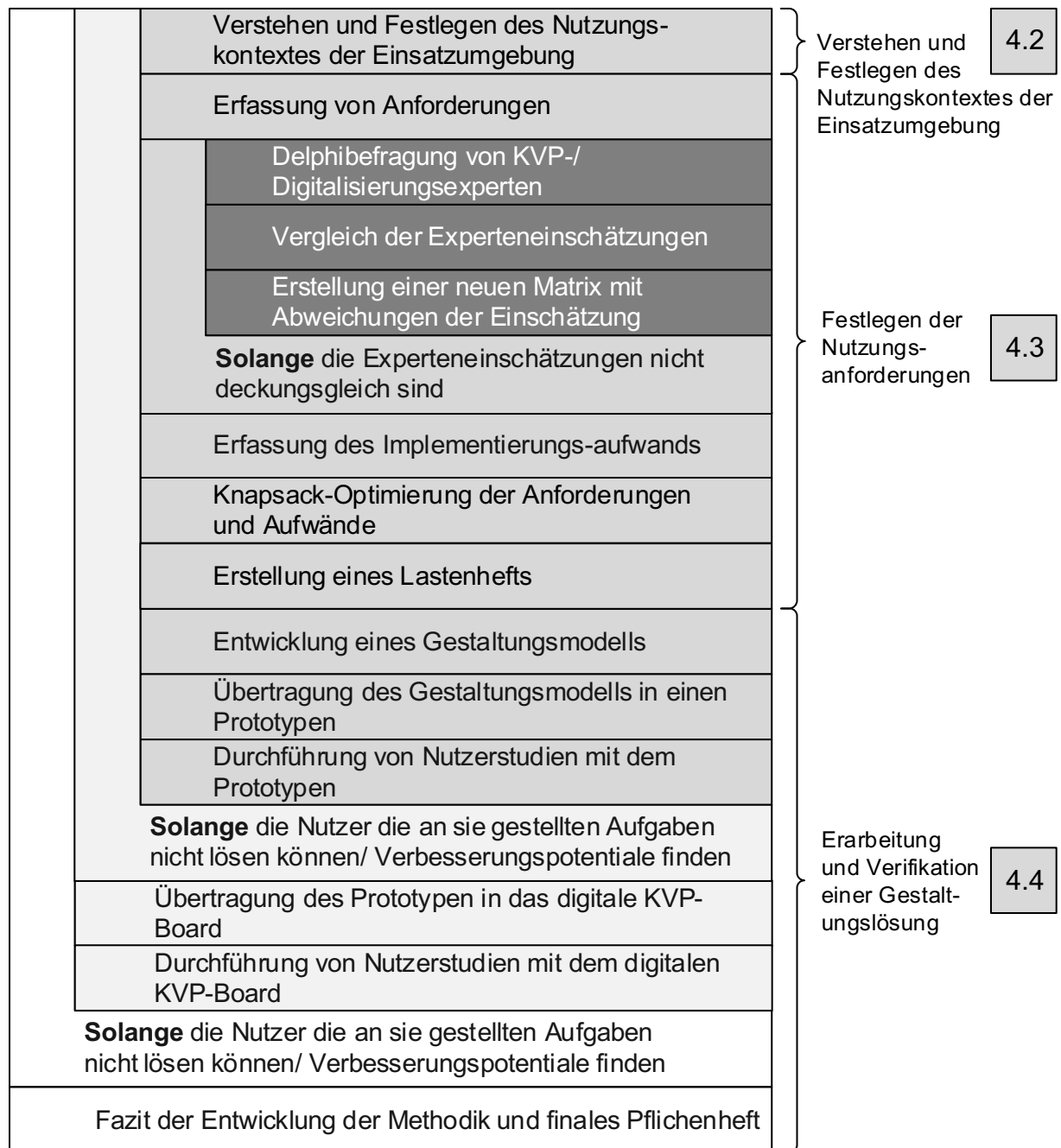
### 4.1 Konkretisierung der menschenzentrierten Entwicklung

Die zentralen Phasen des ausgewählten Entwicklungsansatzes werden in Abb. 32 dargestellt [DIN06]. Der Gesamtprozess wird anhand der Nassi-Schneidermann-Darstellung erläutert, welche in der Norm DIN 66261 standardisiert wird [DIN85]. Dabei handelt es sich um einen Diagrammtyp zur strukturierten Darstellung von Ablaufplänen, der darauf basiert, dass diese Abläufe in mehrere standardisierte Elemente wie Anweisungen, Entscheidungen oder Schleifen aufgeteilt und ineinander verschachtelt werden können.

Nach den bereits in Kap. 2.3.4 erarbeiteten KVP-Elementen und der Bestimmung von potentiellen Digitalisierungselementen für den KVP in Kap. 2.5.3, müssen nun im nächsten Schritt die inhaltlichen Anforderungen an das zu entwickelnde digitale KVP System definiert werden. Diese werden mit Hilfe einer *Delphi-Studie* unter Einbeziehung von KVP-Experten entwickelt. Dabei wird überprüft welches Digitalisierungselement ein KVP-Element sinnvoll verbessern bzw. unterstützen kann [HAMB17]. Die Delphi-Studie wird so lange wiederholt, bis die Einschätzungen der Experten deckungsgleich sind. Die gefundenen KVP-Digitalisierungs-Paare werden anschließend bezüglich ihres Softwareentwicklungsaufwandes bewertet, wobei hier der Ansatz des *Breitband-Delphi* in Kombination mit der Methode des *Planning Poker* zum Einsatz kommen [BOEH84], [GREN02]. Zur Beantwortung der Frage welche Elemente die digitale KVP-Methodik bei einem maximal zu leistenden Implementierungsaufwand beinhalten soll, werden beide Bewertungen (Nutzen der KVP-Digitalisierungs-Paare und Aufwandsabschätzung der Implementierung) in ein *Knapsack Problem*<sup>39</sup> (KP) [KELL04] überführt, um daraus Anforderungen für das Lastenheft ableiten zu können.

---

<sup>39</sup> Im Deutschen wird dieses auch als Rucksackproblem bezeichnet. In der Literatur hat sich allerdings der englische Begriff etabliert [MART90], [KELL04].



**Abb. 32: Ablauf der Methodikentwicklung und Kapitel der Arbeit nach [DIN10]**

Zusammen mit den Rahmenbedingungen der Einsatzumgebung, können daraus im Anschluss Anforderungen in Form eines Lastenheftes entwickelt werden. Der gesamte Ablauf der digitalen KVP-Methodik wird in Form eines *BPMN 2.0-Modells* (Business Process Model and Notation) dargestellt [ISO13].

Basierend darauf wird ein erster nicht-funktionaler Prototyp entwickelt, an dem mit verschiedenen Benutzerinnen und Benutzern ( $n = 3$ ) Szenarien-Nutzerstudien durchgeführt werden können. Wenn Aufgaben aus diesen Studien von den Teilnehmenden (TN) nicht gelöst werden können oder Verbesserungspotentiale identifiziert werden, tritt hier eine entsprechende Iteration der vorhergehenden Schritte auf.



Im letzten Schritt wird die KVP-Methodik durch die Programmierung eines digitalen KVP-Boards funktionalisiert, wobei hier das Fullstack-Webframework<sup>40</sup> RUBY ON RAILS (ROR) zum Einsatz kommt [ROR19a]. Hier wird in einer Szenario-Nutzerstudie ( $n = 6$ ) das nun funktionale System mehrfach evaluiert. Die finale Validierung und Behandlung der in Kap. 3 aufgestellten Hypothesen wird im Anschluss in Kapitel 5 durchgeführt. Wie dargestellt, handelt es sich bei dem Vorgehen um ein gesamtheitlich iteratives Vorgehen, bei dem auch in späten Schritten noch einmal zur Ausgangssituation zurückgekehrt werden kann, wenn die Nutzer Verbesserungspotentiale identifizieren und diese wieder in die Entwicklung einfließen sollen.

## 4.2 Verstehen und Festlegen des Nutzungskontextes der Einsatzumgebung

In diesem Kapitel werden die Anforderungen (L) an die digitale KVP-Methodik in Form eines Lastenheftes definiert, die aus dem Nutzungskontext der KVP-Methodik stammen. Der bereits vorgestellte MTO-Ansatz dient hier zur systematischen Erschließung des Kontextes. Die Anforderungen werden dabei jeweils am Ende eines Abschnitts zusammengefasst.

### 4.2.1 Mensch und Organisation

Den organisationalen Rahmen bildet das Konzept des KVP vom Typ C. Wie Abb. 33 zeigt, fokussiert ein digitales KVP-System dabei die direkte Produktionsumgebung und seine Akteure. Dies bedeutet konkret, dass für die verschiedenen Nutzerrollen die Daten zielgruppengerecht aufbereitet werden müssen [SPEC09]. Durch die Einheitlichkeit des Layouts muss außerdem sichergestellt werden, dass das System von seinen Benutzern als gesamtheitliches System erkannt und somit die hierarchieübergreifende Zusammenarbeit gewährleistet ist.

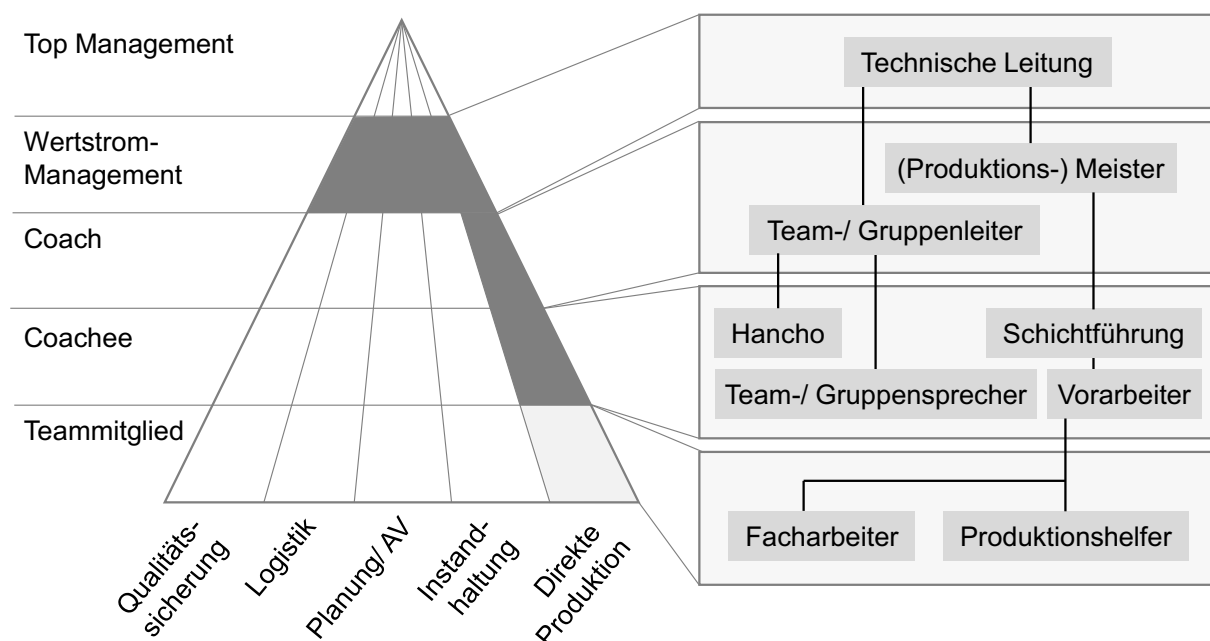
Die beiden zentralen Rollen im KVP des Typs C bilden Coach und Coachee. Der Coach bildet die direkte disziplinarische Führungskraft und coacht den Coachee in Form des Prozesscoaching (vgl. Kap. 2.3.1.5). Der Coach ist für den Produktionsbereich eines Werkes verantwortlich und ist so regelmäßig vor Ort auf dem Shopfloor, um die Lösung komplexer Probleme zu koordinieren und Schnittstellenfunktionen wie Instandhaltung oder Arbeitsvorbereitung zu beauftragen.

Im Gegensatz dazu arbeiten Coachees ausschließlich auf dem Shopfloor; sie sind oft-

---

<sup>40</sup> Bei einem Fullstack-Webframework wird die Bedienoberfläche (Frontend) und die zugehörige Datenverarbeitung und -speicherung (Backend) von einem gesamtheitlichen Programmiergerüst (Framework) zur Verfügung gestellt [COPE17].

mals die fachlichen Führungskräfte der Teammitglieder, die im KVP nur eine unterstützende Rolle einnehmen und entsprechend keine direkte Interaktion mit der KVP-Methodik aufweisen [HAMB15a]. Außerdem sind die Coachees im Gegensatz zu den Teammitgliedern nicht die komplette Schichtdauer in Linientätigkeiten eingebunden, sondern übernehmen Unterstützungsaufgaben wie die angesprochene Verbesserung von Prozessen, erste Eskalationsebene bei Defekten in der Produktion, Versorgung der Linie mit Material bei Logistikproblemen und weitere Sonderaufgaben; zusammengefasst haben sie das Ziel, die Rahmenbedingungen zu schaffen, damit die Teammitglieder die geplante Ausbringung von Gutteilen erbringen können [LIKE06].



**Abb. 33: Systemgrenzen und Rollen in der digitalen KVP-Methodik basierend auf [BULL09], [ABEL12b], [ABEL13]**

Die dritte Ebene im KVP bildet das Wertstrom-Management. Diese Rollendefinition deckt den gesamten hierarchischen Bereich vom Coach bis zur Unternehmensführung ab; sie ist wiederum disziplinarische Führungskraft der Coaches und verantwortet somit die gesamte Produktion inkl. der produktionsnahen Bereiche wie Logistik, Planung, Arbeitsvorbereitung (AV) und Instandhaltung. Die Rolle im KVP ist rein strategischer Natur; auf Grund der Wertstromverantwortung obliegt es der Rolle übergreifende Verbesserungsziele für den gesamten Wertstrom zu definieren. Abhängig von der Größe und Struktur eines Unternehmens haben die Rollen ihre Entsprechung in jeweils einer oder mehreren hierarchischen Positionen und Stellenbeschreibungen [CACH15]; Abb. 33 zeigt die Rollen in der Übersicht und eine Auswahl an gebräuchlichen Stellenbezeichnungen in produzierenden Unternehmen. Eine weitere unterstützende Funktion bildet

die Geschäftsführungsebene, deren Aufgabe im Initiieren des Zielentwicklungsprozesses liegt, sodass konkrete Ziele für den KVP in Zielzustände übergeben werden können. Die digitale KVP-Methodik und die Umsetzung im KVP-Board muss als technisches System vor allem an den Beschäftigten ausgerichtet sein und sie bei ihrer Arbeit in der Produktion unterstützen [LIKE06]. Dies bedeutet, dass jeder Nutzer des Systems einen individuellen Zugang benötigt, um eine entsprechende Rollenzuordnung zu ermöglichen (vgl. Tab. 4).

**Tab. 4: Zusammenfassung der Anforderungen L1 und L2**

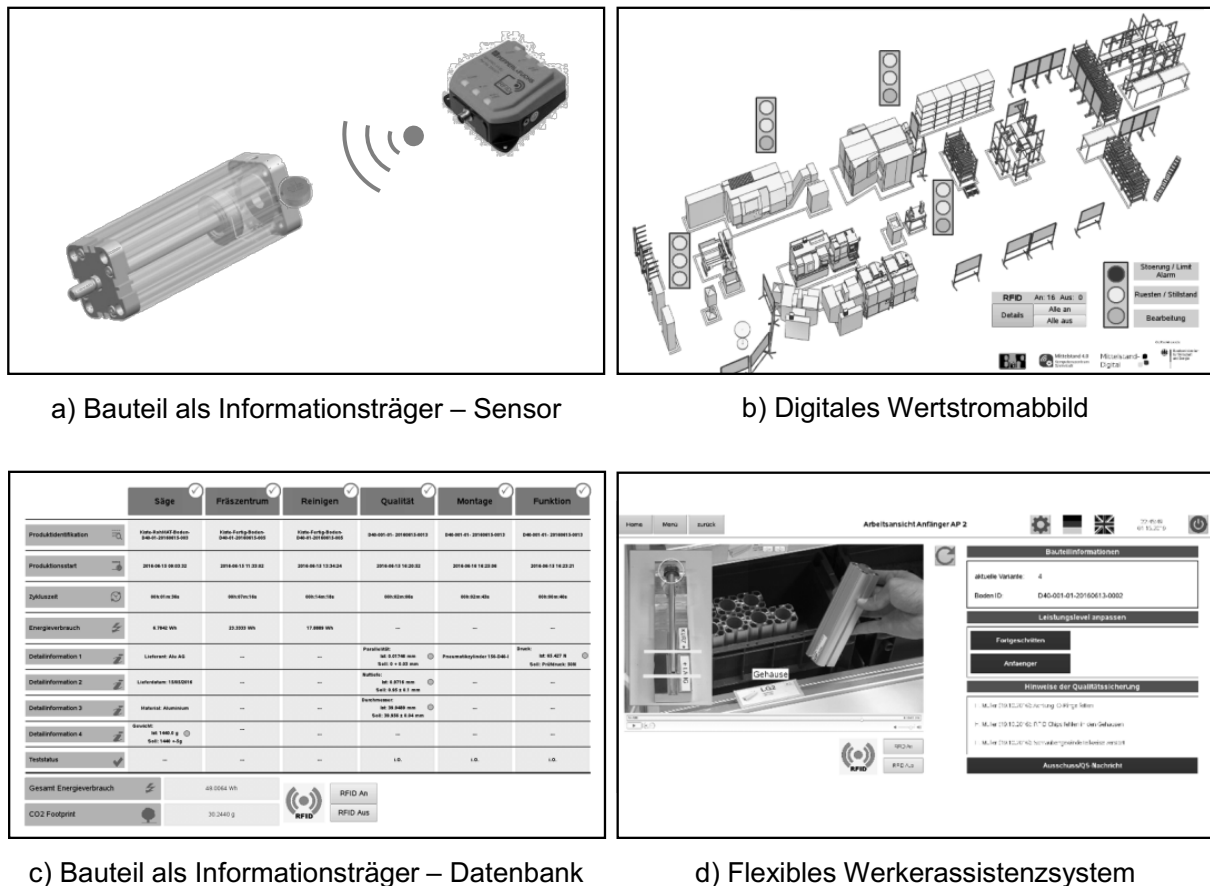
Nr.	L1
Name	Nutzerrollen
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drei zentrale KVP-Rollen mit folgenden Aufgaben: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wertstrom-Management: Definition von strategischen Zielen für den KVP</li> <li>○ Coach: Definition von Zielzuständen und Unterstützung im KVP</li> <li>○ Coachee: Durchführen von Verbesserungen im KVP</li> </ul> </li> <li>▪ Personelle Zuordnung von Wertstrom-Management, Coaches und Coachees</li> <li>▪ Jeder Benutzer verfügt über einen eigenen Zugang</li> </ul>
Nr.	L2
Name	Oberflächengestaltung
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einheitliches und übersichtliches Layout</li> <li>▪ Individuelle Datendarstellung für die verschiedenen Rollen</li> </ul>

### 4.2.2 Technik

Im Bereich Technik müssen allgemeine und spezifische Anforderungen von Produktionsumgebungen berücksichtigt werden. Zwar soll die Methodik generell ihre Anwendung in der diskreten Produktion finden. Da die initiale Validierung im Umfeld der Prozesslernfabrik CENTER FÜR INDUSTRIELLE PRODUKTIVITÄT (CIP) erfolgt, dienen die spezifischen Rahmenbedingungen der Lernfabrik als Ausgangsbasis.

Bei der CIP handelt es sich um eine 2007 gegründete Aus- und Weiterbildungseinrichtung auf dem Campus der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT DARMSTADT (TUD). Auf etwa 500qm wird ein kompletter Produktionswertstrom zur Fertigung eines Pneumatikzylinders in mehreren Varianten abgebildet. Dazu werden alle dafür notwendigen Produktionsschritte wie zerspanende Fertigung, Qualitätskontrolle und Montage abgebildet [A-

BEL19]. Darüber hinaus dient die Lernfabrik als Vorlage für den Aufbau weiterer Lernfabriken im inner- und außereuropäischen Ausland [ENKE17]. Ursprünglich als Lernumgebung für die Methoden der schlanken Produktion konzipiert und eingesetzt [ABEL07], wurde die Lernfabrik ab 2014 im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zu einer EFFIZIENTEN FABRIK 4.0 weiterentwickelt [ABEL15] und bildet den Kern des MITTELSTAND 4.0-KOMPETENZZENTRUM DARMSTADT [IHK19].



**Abb. 34: Verschiedene Anwendungsfälle des zentralen Prozessleitsystems der CIP**

So können mit Hilfe einer zentralen Datenplattform die gefertigten Bauteile als Informationsträger dienen (vgl. Abb. 34a); mit deren Hilfe können Rohlagerbestände und Prozesseigenschaften an den einzelnen Prozessschritten wie Säge-, Fräs-, Dreh- und Montageprozess digital verarbeitet werden (vgl. Abb. 34b) [ABEL15]. Dies wird mit dem Prozessleitsystem B&R APROL realisiert (vgl. Abb. 34c) [B&R19]. Darauf basierend sind weitere Anwendungsfällen möglich, bis hin zur Verarbeitung der Daten für ein Werkerassistenzsystem (vgl. Abb. 34d) [WANK16].

Wie in anderen produzierenden Unternehmen, kommen auch in der Lernfabrik eine Reihe von mobilen und stationären IT-Geräten zum Einsatz, um den Zugriff auf digitale Daten zu realisieren. Wie Tab. 5 zeigt, weisen die Geräte dabei eine Vielzahl an Eingabemöglichkeiten und Plattformen auf, was den Einsatz eines Plattformübergreifenden

Systems für die digitale KVP-Methodik notwendig macht. Unterschiedliche Bildschirmgrößen und damit Auflösungen bedingen wiederum ein *responsive Design*, also die „Reaktion“ auf die hardwaretechnischen Rahmenbedingungen und optimale Anpassung der Darstellung auf das Endgerät (vgl. Tab. 6) [NEBE13].

**Tab. 5: In der CiP zum Einsatz kommende IT-Geräte**

Geräteart	Eingabe	Plattform	Bildschirmgröße
Stationärer PC	Maus und Tastatur	Windows	23 Zoll
Stationärer PC	Touch	Windows	23 Zoll
Interaktives Whiteboard	Touch	Windows	65 Zoll
Smartphone	Touch	Android	ca. 6 Zoll
Tabletcomputer	Touch und Tastatur	Windows	ca. 10 Zoll

**Tab. 6: Zusammenfassung der Anforderung L3**

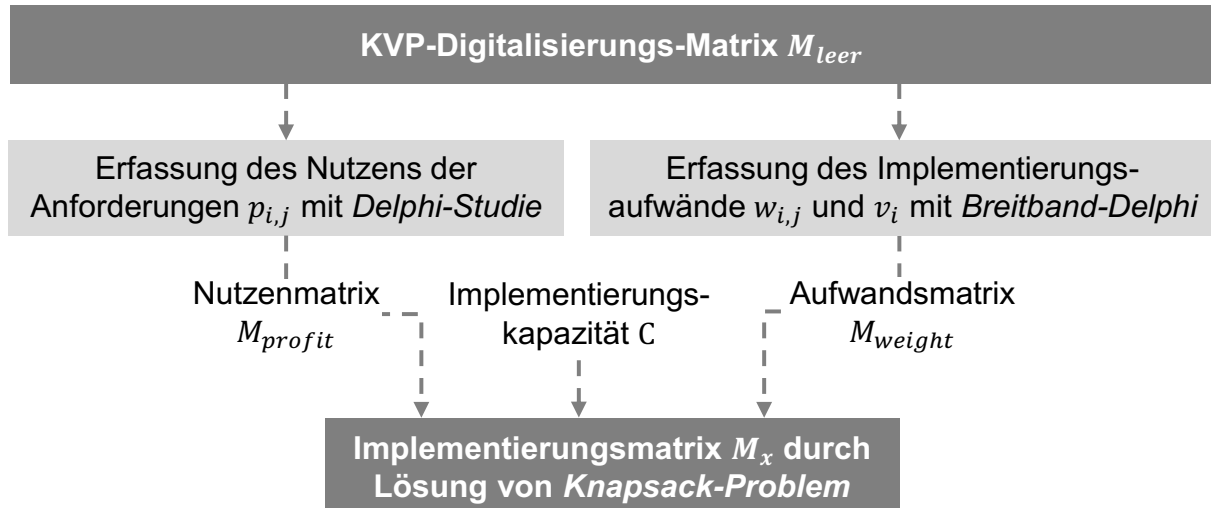
Nr.	L3
Name	System-Zugriff
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zugriff auf das System ist Geräteunabhängig</li> <li>▪ Als IT-System in der Produktion steht das Prozessleitsystem B&amp;R APROL zur Verfügung</li> </ul>

### 4.3 Festlegen der Nutzungsanforderungen

In diesem Abschnitt sollen die funktionalen Anforderungen an die Methodik erarbeitet werden. Das Vorgehen wird inklusive der verwendeten Indizes in Abb. 35 dargestellt. Den Kern bildet eine *Delphi-Studie* mit KVP-Experten aus produzierenden Unternehmen des Automobil- und generellen Maschinenbaus.

Die Delphi-Methode wurde in den 1950er Jahren von der RAND CORPORATION entwickelt, um zusammen mit Instrumenten wie der Szenariotechnik, unterschiedliche Expertenmeinungen über zukünftige militärische Entwicklungen im kalten Krieg zu sammeln und strukturiert aufzubereiten [DREW10]. Aktuell wird sie unter anderem im Bereich der Betriebswirtschaftslehre, Gesundheits- und Pflegewissenschaft verwendet [NIED18] und bildet das populärste Verfahren [ABLA16], „to obtain the most reliable consensus of opinion of a group of experts [...] by a series of intensive questionnaires interspersed with controlled feedback“ [DALK63]. Kern einer solchen Studie bildet somit das Sammeln von Experteneinschätzungen, das Konsolidieren der Ergebnisse und anschließende Zurückspielen an die Experten, mit dem Auftrag besonders kontroverse

Positionen zu erklären, um einen Konsens zu generieren. Aus mehreren Befragungsrunden entsteht so ein kollektives Bild des Untersuchungsgegenstandes [GAUS09]. Auf diese Weise soll der Nutzen der KVP-Digitalisierungs-Paare zahlenmäßig definiert werden.



**Abb. 35: Ablauf Definition von funktionalen Anforderungen und verwendete Symbole**

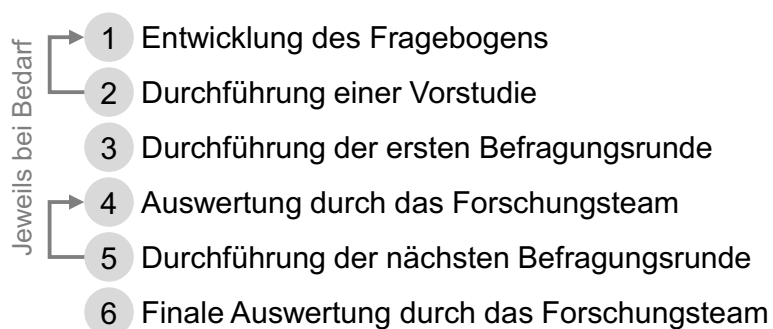
Gepaart wird der Ansatz mit der weiterhin auf Gruppenkonsens basierenden Weiterentwicklung der Methode, dem *Breitband-Delphi*. Damit wird der Entwicklungsaufwand für die Implementierung der von den Experten als sinnvoll erachteten KVP-Funktionen abgeschätzt. Im Gegensatz zum reinen Delphi-Ansatz, kennen sich die Experten hier und kommen im Rahmen einer „Schätzklausur“ zusammen [NIED18]. Die Abschätzung erfolgt zahlenbasierend, wobei der auf Konsens beruhende Grundgedanke bleibt [GAND14]. Durch Berücksichtigen der Elemente des Planning Poker, welches wiederum auf dem Breitband-Delphi aufbaut, wird der Prozess weiter formalisiert [GREN02]. Obwohl nicht zwingend im Planning Poker vorgesehen, werden in der Praxis oftmals keine reinen Zeitabschätzungen vorgenommen, sondern Aufwände nach ihrem Schwierigkeitsgrad definiert; zur Bewertung kommen die einheitenlosen Zahlen 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 40 und 80 zum Einsatz, die sich an der Fibonacci-Folge orientieren. Mit dieser Konvention soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass sich große Aufwände nur schwer exakt abschätzen lassen und daher eine lineare Skala nicht sinnvoll erscheint [COHN12].

Für die Umsetzung der Anforderungen an die KVP-Methodik steht eine definierte Implementierungskapazität  $C$  zur Verfügung. Zur Auswahl der Anforderungen müssen der Nutzen und der Aufwand der Anforderungen zueinander ins Verhältnis gesetzt und priorisiert werden. Dies geschieht mit Hilfe eines *Knapsack Problems* (KP). Dabei handelt

es sich um ein NP-vollständiges Problem<sup>41</sup> der Kombinatorik, das in einer Vielzahl von Entscheidungssituationen auftritt [KELL04]. Das Ziel eines KP ist es, durch geschickte Auswahl der zur Verfügung stehenden Elemente maximalen Nutzen zu generieren. Dabei besitzen die Elemente allerdings jeweils ein Gewicht. Durch Vorgabe einer maximal erlaubten Gesamtkapazität entsteht nun das Problem, dass entschieden werden muss, welches Element berücksichtigt werden soll und welches nicht. In der Grundversion des KP besteht dabei zwischen dem spezifischen Nutzen und Gewicht eines Elements kein Zusammenhang. Dies ist auch hier der Fall. Zur Lösung des KP wird ein Algorithmus entwickelt, der die entsprechenden KVP-Digitalisierungs-Paare für die weitere Verwendung auswählt. Diese finden ebenfalls Eingang in das Lastenheft.

#### 4.3.1 Erfassung von Anforderungen

Die zugrunde liegende Delphi-Studie teilt sich auf in die in Abb. 36 gezeigten Schritte, wobei je nach Bedarf an zwei Stellen Schleifen durchlaufen werden können:



**Abb. 36: Ablauf der Delphi-Studie basierend auf [GAUS09], [DREW10], [NIED18]**

Dem folgend wird im ersten Schritt zunächst ein Fragebogen entwickelt. Dieser besteht aus einer Bewertungsmatrix  $M_{leer} \in \mathbb{Z}^{a \times b}$  in der die Digitalisierungselemente in Zeilen entlang des Indizes  $i$  (vgl. Tab. 2, S. 53) und die KVP-Elemente in Spalten entlang des Indizes  $j$  (vgl. Abb. 22, S. 38) aufgetragen werden (vgl. Abb. 35). Zur Erstellung der Matrix  $M_{profit}$  nehmen die Experten jeweils an dem Schnittpunkt  $p_{i,j}$  von zwei Elementen Stellung zu der Frage:

*Wie hoch schätzen Sie den Einfluss der Digitalisierungselemente auf die einzelnen KVP-Elemente hinsichtlich der Einführungspotentiale eines digitalen KVP Systems ein?*

So wird jede Zelle in der Matrix auf einer Ordinalskala von 0 (keinen Einfluss) bis 3 (starker Einfluss) bewertet. Die erste leere Matrix  $M_{leer}$  wird an  $n = 10$  KVP-Experten

<sup>41</sup> Als NP-vollständig werden mathematische Probleme bezeichnet, die sich algorithmisch nicht in Polynomialzeit lösen lassen, also die notwendige Rechenzeit zur Lösung des Problems polynomial mit der Problemgröße (als zum Beispiel der Anzahl der Elemente) wächst [GARE09].

aus verschiedenen produzierenden Unternehmen übergeben: Bei diesen handelt es sich um drei Automobilhersteller/ -zulieferer und Unternehmen aus den Bereichen der Medizin-, Fahrzeug-, Reinigungstechnik und dem Anlagenbau. In den Unternehmen sind die Experten zuständig für das Produktionssystem, Änderungsmanagement, Ideenmanagement, Operational Excellence, KVP und Industrie 4.0-Aktivitäten.

		$j = 1 \longrightarrow b$									
<div>Wie hoch schätzen Sie den Einfluss der Digitalisierungselemente auf die einzelnen KVP-Elemente hinsichtlich der Einführungspotentiale eines digitalen KVP Systems ein?</div> <div>Kein Einfluss: 0 Schwacher Einfluss: 1 Mittlerer Einfluss: 2 Starker Einfluss: 3</div>		KVP-Element	Standards und stabile Prozesse	Wertstromfokussierung	Wissensmanagement	Dokumentation	Kennzahlen	Istzustand	Ziel-Zustand	:	
			Digitalisierungselement								
$i = 1$	CIM	2	1	1	1	1	1	1	$p_{1,b}$		
↓ $a$	IT-Systeme in Geschäftsprozessen	2	2	2	2	2	2	2			
	Digitale Fabrik	1	3	1	1	1	2	2			
	...	$p_{a,1}$							$p_{a,b}$		

Abb. 37: Ausschnitt aus der finalen Nutzenmatrix  $M_{profit}$  mit Bewertungen

In der ersten Runde wird die leere Matrix  $M_{leer}$  von den Experten unabhängig voneinander gefüllt, wobei sie dabei telefonisch bzw. persönlich unterstützt werden. Im nächsten Schritt werden die Mittelwerte der Zellen aus allen 10 Matrizen gebildet und mit dem jeweiligen zugehörigen Werten der „persönlichen“ Matrizen verglichen. Bei einer Abweichung von einer oder mehr Bewertungsstufen zum Mittelwert, werden die Zelle markiert und der Experte gebeten seine Bewertung in der nächsten Runde zu begründen oder alternativ die Durchschnittsbewertung zu akzeptieren. Nach insgesamt drei Runden kann ein Konsens von allen Experten mit der nun finalen Nutzenmatrix  $M_{profit}$  festgestellt werden, das bedeutet, dass sich die Experten auf eine Bewertung einigen können. Ein Ausschnitt aus dieser finalen Matrix  $M_{profit}$  kann Abb. 37 entnommen werden, Anhang A.2 zeigt die vollständige Matrix.

#### 4.3.2 Erfassung des Implementierungsaufwands

Zur Abschätzung des Implementierungsaufwandes einzelner KVP-Digitalisierungskombinationen, wird wiederum die Matrix  $M_{leer}$  herangezogen. Zusammen mit einem Programmier- und Digitalisierungsexperten an ( $n = 2$ ) werden die einzelnen Zellen  $w_{i,j}$  bezüglich ihres Umsetzungs-Aufwands bewertet. Der Prozess ist dabei iterativ, weil Zellen die zuerst bewertet werden, nach dem Bewerten anderer Zellen oftmals wieder neu angepasst werden müssen, um ein konsistentes Bewertungsbild zu erhalten.



Zusätzlich wird für jede Zeile ein Grundaufwand  $v_i$  für die Implementierung definiert, der den Aufwand und Schwierigkeitsgrad für die grundsätzliche Backend-Implementierung eines Digitalisierungselements definiert. Dies ist sinnvoll, da die initiale Implementierung einer Backend-Funktionalität – zum Beispiel in Form einer Schnittstelle zu anderen IT-Systemen – anschließend den anderen Elementen einer Zeile ebenfalls zu Verfügung steht. Die dabei entwickelte Implementierungsmatrix  $M_{weight}$  kann in Auszügen Abb. 38 entnommen werden. Im Anhang A.3 wird die vollständige Matrix abgebildet.

		$j = 1 \longrightarrow b$						
		KVP-Element						
Digitalisierungselement		...	PDCA Zyklus	Motivation	Unternehmensstrategie und Leitbild	Unternehmensorganisation	Coaching	Anerkennung
$i = 1$	...	$w_{1,1}$						$w_{1,b}$
$a$	Datenspeicherung und -zugriff		2	2	3	3	3	1
	Gamification und Social Media		13	13	3	3	1	1
	Visualisierungen	$w_{a,1}$	13	40	13	13	3	2
								Grundaufwand
								$v_1$

Abb. 38: Ausschnitt aus der finalen Implementierungs-Matrix  $M_{weight}$  mit Bewertungen

#### 4.3.3 Knapsack-Optimierung der Anforderungen und Aufwände

Mathematisch ausgedrückt lautet die Grunddefinition eines KP nach Formel 1 [KELL04]:

$$P_{ges} = \max \sum_{i=1}^a p_i \cdot x_i$$

$$\text{unter der Bedingung } \sum_{i=1}^a w_i \cdot x_i \leq C \quad (1)$$

mit  $p_i \in \{0,1,2,3\}$ ,  $w_i \in \{1,2,3,5,8,13,20,40,80\}$  und  $x_i \in \{0,1\} \forall i$

Ziel ist die Maximierung des Gesamtnutzens  $P_{ges}$ , der sich aus der Summe aller Einzelnutzen  $p_i$  ergibt. Zur Auswahl eines Nutzens wird  $x_i$  herangezogen. Für jedes gewählte Element  $p_i$  muss allerdings auch der zugehörige Aufwand  $w_i$  berücksichtigt werden, wobei die Summe aller  $w_i$  weniger oder gleich des zuvor definierten Gesamtaufwandes  $C$  sein muss.

Der beschriebene Grundaufwand  $v_i$  (vgl. Abb. 38, S. 79) wird in der Form eines Spezialfalls des KP, des *Precedence Constraint<sup>42</sup> Knapsack Problem (PCKP)* berücksichtigt [JOHN69]. Ursprünglich für die ökonomische Ausbeutung von Tagebauten entwickelt<sup>43</sup>, wurde der Ansatz auch im Bereich der Investitionsentscheidung [IBAR78], Werkzeugmanagement [STEC88] oder dem Aufbau von Telekommunikationsnetzwerken [SHAW97] eingesetzt. Im PCKP wird Formel 1 so abgeändert, dass vor der Auswahl eines Elementes  $x_i$  zuerst ein entsprechendes Element  $x_k$  gewählt werden muss:

$$P_{ges} = \max \sum_{i=1}^a p_i \cdot x_i$$

unter der Bedingung  $\sum_{i=1}^a w_i \cdot x_i \leq C$  (2)

und  $x_k \geq x_i$

mit  $x_k \in \{0,1\} \forall k$

Übertragen auf den vorliegenden Fall, wird der PCKP in Formel 3.1 zunächst auf die bekannte  $a \times b$  Matrix übertragen:

$$P = \max \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b p_{i,j} \cdot x_{i,j}$$

mit  $p_{i,j} \in \{0,1,2,3\}$  und  $x_{i,j} \in \{0,1\} \forall i,j$  (3.1)

Formel 3.2 beschreibt die Bedingung, dass die Summe der einzelnen Aufwände  $w_{i,j}$  und der Grundaufwände  $v_i$  die Gesamtkapazität  $C$  nicht überschreiten darf:

$$\text{unter der Bedingung } \sum_{i=1}^a v_i \cdot s_i + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b w_{i,j} \cdot x_{i,j} \leq C$$

mit  $v_i, w_i \in \{1,2,3,5,8,13,20,40,80\}$  und  $s_i \in \{0,1\} \forall i,j$  (3.2)

Analog zu  $x_{i,j}$  dient  $s_i$  dabei als Selektor für den Grundaufwand. Durch die zweite Bedingung in Formel 3.3 muss  $s_i$  in einer Zeile  $i$  immer dann den Wert 1 annehmen, wenn mindestens ein Element  $x_{i,j}$  in derselben Zeile den Wert 1 annimmt:

<sup>42</sup> Als alternative Schreibweisen finden sich auch *precedence-constrained* bzw. *precedence constrained* [ESPI15].

<sup>43</sup> Diese besitzen immer eine Deckschicht, deren Abbau keinen Mehrwert bietet. Wenn bekannt ist wie dick die Deckschicht und die darunter liegenden rohstoffführenden Schichten sind, lässt sich so bestimmen, in welchen Bereichen eines Tagebaus der Abbau lohnenswert ist [DAGD86].

$$\text{unter der Bedingung } b \cdot s_i \geq \sum_{j=1}^b x_{i,j} \quad (3.3)$$

Für PCKP werden bereits einige Lösungsverfahren vorgeschlagen [KOLE67], [JOHN83], [SHAW98], [SAMP00], [HILD16], sodass im Rahmen dieser Arbeit ein Algorithmus an die konkrete Fragestellung aus den Formeln 3.1–3.3 angepasst und operationalisiert werden kann. Basierend auf dem Algorithmus von HILDEBRANDT und HANSON und der Arbeit von JÄKLE, der die Implementierung eines KP-Algorithmus als PYTHON-Script<sup>44</sup> erläutert [HILD16], [JÄKL17], wird ein Greedy-Algorithmus für PCKP in PYTHON 3.7 geschrieben<sup>45</sup>, welcher eine Auswahlmatrix  $M_x = (x_{i,j})_{i,j}$  erzeugt, die die ausgewählten Elemente beinhaltet.

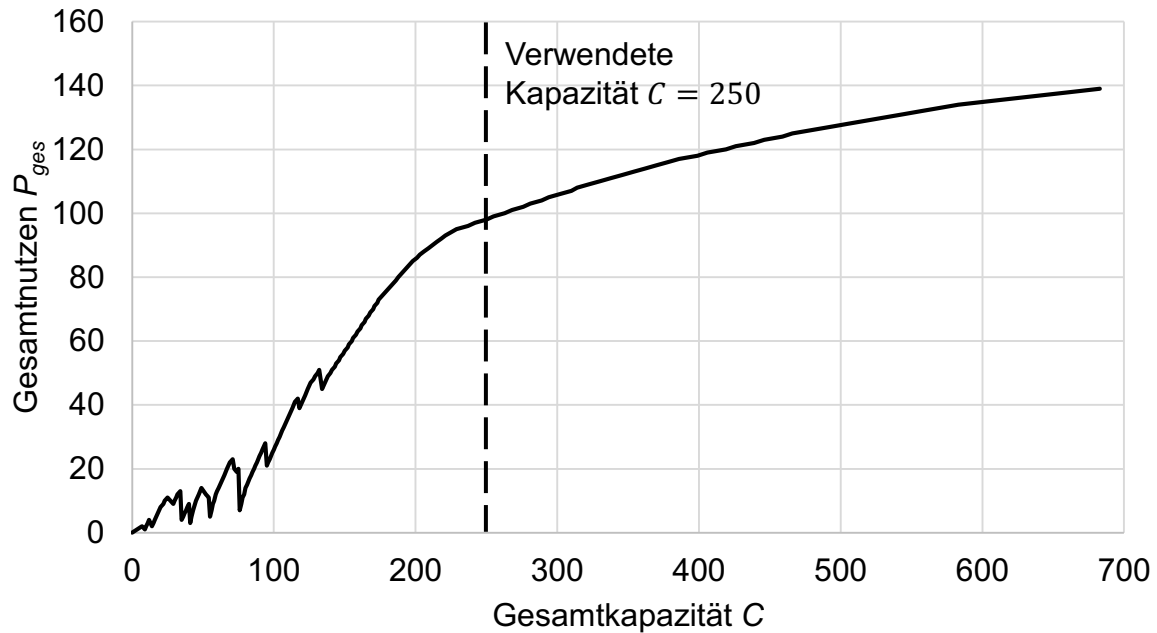
#### 4.3.4 Erstellung eines Lastenhefts

Die folgende Abb. 39 zeigt die Summe des errechneten erreichbaren Nutzens  $P_{ges}$  bei unterschiedlichen vorgegebenen Gesamtkapazitäten  $C$ . Dieser kann entnommen werden, dass die Summe des erreichbaren Nutzens zunächst stark schwankt, weil die Einbeziehung der Grundaufwände  $v_i$  zwar den kumulierten Aufwand  $\|M_{weight}\|$  erhöht, die Grundaufwände aber zunächst keinen direkten Nutzen bringen. Nach dem initial starken Ansteigen der Kurve verflacht sich diese im weiteren Verlauf, was bedeutet, dass mit weiteren Aufwänden nur noch ein geringer weiterer Nutzen erreicht werden kann. Im Bereich  $200 \leq C \leq 250$  befindet sich der Übergang zwischen diesen beiden Phasen, was als *Ellenbogenkriterium* bezeichnet wird [BORT10].

Das digitale KVP-Board wird im Rahmen einer Studienarbeit an der TUD entwickelt, welche einen maximalen Umfang vorgibt [STUD19]. Unter Berücksichtigung des Ellenbogenkriteriums wird eine Abschätzung der Stundenäquivalente des Implementierungsaufwands vorgenommen und eine Gesamtkapazität von  $C = 250$  für die Implementierung der Methodik festgelegt [HEIM18]. So kann ein Gesamtprofit von  $P_{ges} = 98$  erreicht werden, was etwa 70% des maximal möglichen Gesamtprofits entspricht. Die finale Matrix  $M_x$  kann Anhang A.4 entnommen werden.

<sup>44</sup> PYTHON ist eine moderne, sehr leistungsfähige Scriptsprache, die auf Grund ihrer universellen Anwendung auf verschiedenen Plattformen und der einfachen Erlernbarkeit sehr geeignet für einen solchen Algorithmus ist [PYTH19].

<sup>45</sup> Der Algorithmus wird unter <http://pckp.digital-kvpboard.de> zur Verfügung gestellt.



**Abb. 39:** Verlauf des erreichbaren Gesamtnutzens  $P_{ges}$  über die Gesamtkapazität  $C$

Die ausgewählten KVP-Digitalisierungs-Paare bilden einzelne Anforderungen für das Lastenheft. Diese müssen vor der Entwicklung interpretiert und zu sinnvollen Gruppen zusammengefasst werden, um eine bessere Übersicht zu gewährleisten [HAMB17], [METT17a]:

Durch ein mehrstufiges Wissensmanagement, welches aus dem zielgerichteten Suchen ( $x_{5,3}$ ) nach allen Elementen des Verbesserungsprozesses wie laufenden PDCA-Zyklen ( $x_{5,11}$ ), Ist- und Ziel-Zuständen ( $x_{5,6}$ ,  $x_{5,7}$ ), Ergebnisse der Experimente ( $x_{5,8}$ ), Bewertungen der Verbesserungen ( $x_{5,10}$ ) und Weiteren basiert, wird die Motivation der Beschäftigten ( $x_{5,12}$ ) die Dokumentation ( $x_{5,4}$ ) gewissenhaft durchzuführen, erhöht. Durch die Verfügbarkeit aller Informationen an einem Ort wird die Entwicklung von Kompetenzen durch Selbstschulung vereinfacht ( $x_{5,9}$ ). Ein ungerichtetes Wissensmanagement wie ein Unternehmensinternes Social Network System, in dem die oben genannten Elemente ( $x_{8,3}$ ,  $x_{8,4}$ ,  $x_{8,6}-x_{8,8}$ ,  $x_{8,10}-x_{8,12}$ ) in einem Informationsfeed abgebildet werden, soll ebenfalls die Beschäftigtenmotivation erhöhen, weil deren Leistungen unternehmensübergreifend von Beschäftigten durch entsprechende Interaktionsmöglichkeiten anerkannt werden können ( $x_{5,16}$ ,  $x_{8,16}$ ) (vgl. Tab. 7).

Tab. 7: Zusammenfassung der Anforderung L4

Nr.	L4
Name	Zielgerichtetes Wissensmanagement
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sammeln von allen relevanten KVP-Aktivitäten in einem Unternehmens Social Network System</li> <li>▪ Umfangreiche zielgerichtete Suchfunktionen nach allen Elementen der Verbesserung wie Aktivitäten, Prozessen, Kennzahlen, etc.</li> </ul>

Durch das automatische und zentrale Speichern der oben genannten KVP-Elemente ( $x_{7,3}, x_{7,4}, x_{7,6} - x_{7,11}$ ), können sich die Beschäftigten mehr auf den Kern des KVP – die Verbesserung von Prozessen und ihre Weiterentwicklung – konzentrieren. Gleichzeitig werden die verschiedenen Schritte im KVP, wie der Erstellung des Zielzustandes ( $x_{9,6}, x_{9,7}$ ), Durchführung des PDCA-Zyklus ( $x_{9,11}$ ) und die Coaching-Routine ( $x_{9,15}$ ), durch digitale Assistenten unterstützt. Automatisch generierte Kennzahlen-Darstellungen visualisieren den aktuellen Stand der Verbesserung, der Experimente und der Verbesserungsergebnisse ( $x_{9,5}, x_{9,8}, x_{9,10}$ ) und tragen so zu Transparenz und Motivation für weitere Verbesserungen bei ( $x_{7,12}, x_{9,12}$ ) (vgl. Tab. 8).

Tab. 8: Zusammenfassung der Anforderung L5

Nr.	L5
Name	Digitaler KVP-Assistent und Datenspeicherung
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Führen durch den KVP mit Hilfe von Assistenten im Rahmen von <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zielzustand-Erstellung</li> <li>○ Coaching</li> <li>○ PDCA-Zyklus</li> </ul> </li> <li>▪ Automatisches Speichern aller Aktivitäten während der Durchführung</li> </ul>

Die Visualisierung der KVP-Leistungen wiederum ist der erste Schritt zur systematischen Analyse der Verbesserungsleistungen generell ( $x_{6,5}, x_{7,5}, x_{6,10}$ ), um zu erkennen wie weit ein Verbesserungsziel noch entfernt ist ( $x_{8,5}$ ). Auch das Coaching kann durch den Zugriff auf die KVP-Leistungen der Beschäftigten ( $x_{6,15}$ ) bzw. ihrer Kompetenzentwicklungen ( $x_{6,9}, x_{9,9}$ ) verbessert werden, wobei dabei die unterschiedlichen Zu-

griffsrechte von Coach und Coachee berücksichtigt werden müssen, sodass keine persönlichen Coachee-Daten von anderen Coachees ausgelesen werden dürfen. Durch das Visualisieren einer *Lernzone* (vgl. Abb. 16, S. 30) kann ein Coach bessere Zielzustände für seine Coachees erstellen, die sie nicht demotivieren ( $x_{6,12}$ ) und ihre Leistungen messbar machen ( $x_{6,16}$ ) (vgl. Tab. 9).

**Tab. 9: Zusammenfassung der Anforderung L6**

Nr.	L6
Name	Visualisierung der KVP-Leistungen
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zugriff auf die Leistungen im KVP zur Unterstützung des Coachings (differenziert nach den Rechten von Coach und Coachee)</li> <li>▪ Messung der Prozess-Verbesserungen durch KVP-Maßnahmen</li> <li>▪ Messung des KVP-Erfolgs durch das Management</li> </ul>

Live-Daten aus Produktionssystemen ermöglichen insbesondere das automatische Auslesen von Kennzahlen ( $x_{4,5}$ ); hinzu kommt das automatische Anreichern mit Daten für den PDCA-Zyklus ( $x_{4,11}$ ), den Experimenten ( $x_{4,8}$ ), den Ist- und Zielzuständen ( $x_{4,6}, x_{4,7}$ ) zur schnelleren Bewertung der KVP-Maßnahmen ( $x_{4,10}$ ). Manuelle Daten können für diese Elemente mit Bildern, Videos und Texten unterstützt werden ( $x_{4,1}, x_{5,1}, x_{5,2}$ ) (vgl. Tab. 10).

**Tab. 10: Zusammenfassung der Anforderung L7**

Nr.	L7
Name	Daten aus dem Produktionsprozess
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abrufen von Live-Daten aus dem Produktionsprozess</li> <li>▪ Manuelles Dokumentieren von quantitativen Daten (wie Kennzahlen) und qualitativen Multimedia-Daten (wie Bilder, Videos und Texte)</li> </ul>

Schließlich sorgt die zentrale Datenspeicherung in der digitalen KVP-Methodik dafür, dass strategische Unternehmensziele ( $x_{7,13}$ ), Kennzahlen ( $x_{5,5}$ ), Zielzuständen und PDCA-Zyklen aufeinander aufbauen und entsprechend kommuniziert werden können. Auch die aktuellen Prozessstandards und Wertströme können in einem System zentral abgelegt ( $x_{7,1}, x_{7,2}$ ) und mit Hilfe von Multimedia-Daten kommuniziert werden ( $x_{5,13}, x_{5,14}, x_{9,13}$ ) (vgl. Tab. 11).

Tab. 11: Zusammenfassung der Anforderung L8

Nr.	L8
Name	Ableitung von Zielen
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausrichtung von PDCA-Zyklen und Zielzuständen an den strategischen, übergeordneten Zielen eines Wertstroms</li> <li>▪ Dokumentation von Wertstromzielen anhand Multimedia-Daten (wie Bilder, Videos und Texte)</li> </ul>

#### 4.4 Erarbeitung und Verifikation der Gestaltungslösung

Der nächste Schritt im Entwicklungsprozess bildet die konkrete Umsetzung der KVP-Methodik. Dazu wird diese zunächst mit Hilfe eines Modells konkretisiert, um den Ablauf und das Zusammenwirken der Akteure der Methodik zu definieren. Zusammen mit den Anforderungen aus den Kap. 4.2 und 4.3 kann so im nächsten Schritt ein Usability-Prototyp entwickelt werden, um erste Benutzertests mit der Methodik durchzuführen. Nach der funktionalen Umsetzung der KVP-Methodik in einem digitalen KVP-Board wird dieses ebenfalls einer Benutzerstudie unterzogen, um weitere Verbesserungspotentiale zu identifizieren und anschließend umzusetzen.

##### 4.4.1 Entwicklung eines Gestaltungsmodells

Die Anforderungen L1–L8 werden in Kombination mit dem bisher bekannten Ablauf des KVP vom Typ C (vgl. Kap. 2.3.4) zunächst in ein Gestaltungsmodell [HILC12] übertragen, um den zeitlichen, räumlichen und organisationalen Ablauf der digitalen KVP-Methodik darzustellen. Ziel ist auch die komplexen Zusammenhänge im KVP zu vereinfachen. Hierzu werden im vorliegenden Fall zwei BPMN 2.0-Diagramme verwendet, welche in der ISO/IEC 19510 definiert werden [ISO13]:

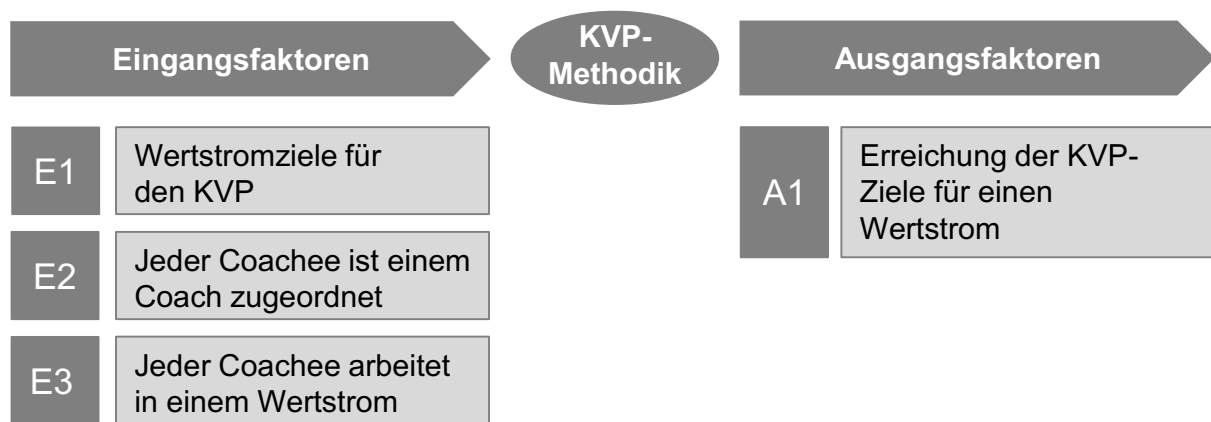
- Bei einem Choreographie-Diagramm stehen die Kommunikationspfade zwischen den Akteuren, wer welche Kommunikation wie initiiert und die Reaktion im Vordergrund.
- Ein Kollaborations-Diagramm kann sehr gut für den Ablauf von Aktivitäten verwendet werden, wobei hier unterstützte Dokumente und Datenbanken, Abbruchbedingungen, Reaktion auf Fehler und Unterscheidungen in Teilprozesse berücksichtigt werden können [BPM11].

Der Vorteil von BPMN gegenüber anderen Prozess-Modellierungsmethoden wie der *erweiterten ereignisgesteuerten Prozesskette (eEPK)*, liegt im deutlichen größeren Sym-

bolsatz mit der Möglichkeit ad-hoc-Prozesse zu integrieren, deren Auslösung nur teilweise vorherbestimmt ist [GÖPF13]; außerdem können komplexe Prozesse so beschrieben werden, dass sie direkt programmiertechnisch umgesetzt werden können [FISC13]. Auch gegenüber den normierten Programmablaufplänen [DIN83] ergeben sich Vorteile, weil diese bei komplexen Prozessen nicht mehr handhabbar sind [MINI12].

#### 4.4.1.1 Systemgrenzen und Ein-/ Ausgangsfaktoren

Bezüglich der Einsatzgrenzen der Methodik gelten zunächst die definierten drei Rollen des Wertstrom-Management, Coach und Coachee. Diese drei können dem direkten Produktionsprozess zugeordnet werden [ABEL13].



**Abb. 40: Ein- und Ausgangsfaktoren der Methodik**

Angelehnt an den Hoshin Kanri-Prozess (vgl. Kap. 2.3.2.2), werden zu (Geschäfts-) Jahresbeginn Ziele für einen Wertstrom definiert (E1 aus Abb. 40). Der KVP-Prozess verläuft entlang der in Abb. 41 dargestellten Schritte, wobei die Interaktion je nach dem Schritt jeweils vom Coach oder den Coachees eingeleitet wird, die dem Coach zugeordnet sind (vgl. L1). Diese Zuordnung der Coachees zu einem Coach (E2) und die zu den Coachees zugehörigen Prozessschritte eines Wertstroms (E3) bilden damit weitere Eingangsfaktoren. Der Prozess endet entsprechend mit der Erreichung der für den Wertstrom definierten KVP-Ziele (A1) und kann entsprechend mit anderen Zielen erneut gestartet werden.





ein repetitiver Prozess, welcher so lange wiederholt wird, bis alle Wertstromziele erreicht wurden; dies wird anschließend an das Wertstrom-Management zurückgemeldet (TP 1.3).

Die eigentliche Verbesserung der Wertstromprozesse mit Hilfe des PDCA-Zyklus (TP 2) findet durch die Coachees statt (vgl. L5). Diese erhalten jeweils abgestimmte Zielzustände und beenden den Prozess, wenn der jeweilige Ist-Zustand und die im zugehörigen Zielzustand definierten quantitativen und qualitativen Eigenschaften identisch sind. Dazu muss der TP 2 mehrfach durchlaufen werden, wobei bei Problemen im Prozess der Coach als Unterstützung hinzugerufen werden kann<sup>47</sup>, wodurch TP 2 aber nicht unterbrochen wird; im Rahmen des Coachings (TP 3) steht dem Coach eine Reihe von Instrumenten zur Verfügung, um die Coachees bei der Bearbeitung ihres Kernprozesses zu unterstützen (vgl. Kap. 4.4.1.5 und L5).

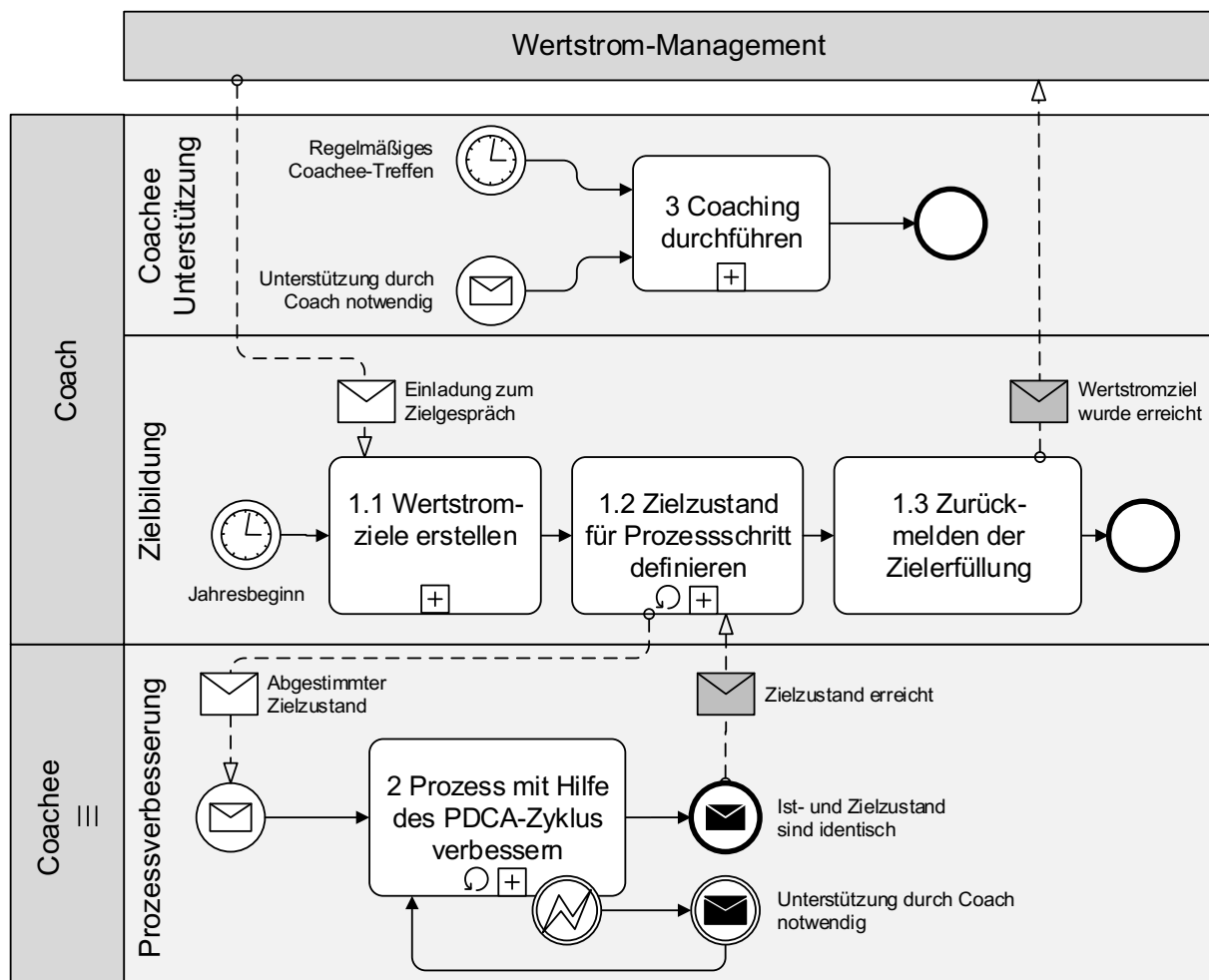


Abb. 42: Kollaborations-Diagramm der KVP-Methodik

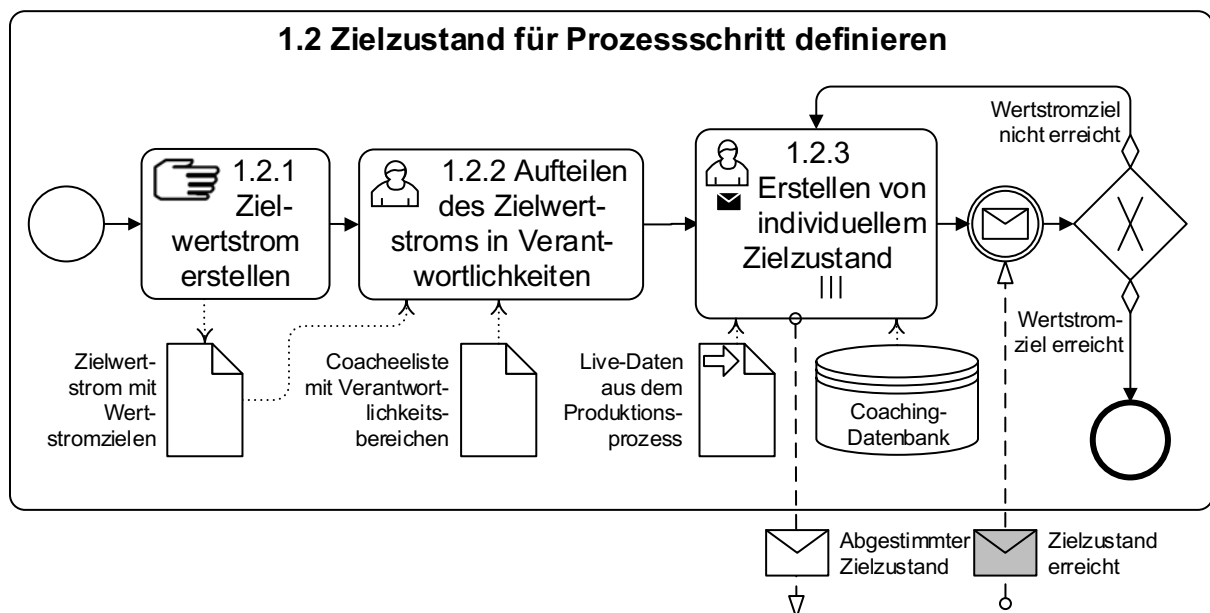
<sup>47</sup> In BPMN-Notation kann durch das Blitzsymbol die Handhabung von Fehlern deutlich gemacht werden. In diesem Fall, löst das Auftreten von Problemen im KVP eine Nachricht an den Coach aus.

## 4.4.1.3 Teilprozess Zielbildung

Kern der Zielbildung (vgl. L8) ist die Erstellung von Zielzuständen für die Coachees (vgl. Abb. 43). In der KVP-Methodik kommen hierzu Artefakte und Datenbanken zum Einsatz, die durch das digitale System zur Verfügung gestellt werden. Dazu gehört die Speicherung des Zielwertstroms mit seinen Eigenschaften in einem Datenobjekt und die Verwendung von Live-Daten aus der Produktion, die bei der Erstellung des Zielzustandes helfen. Eingang finden zudem die bisherigen Leistungen eines Coachees im KVP. Diese *Coaching-Datenbank*<sup>48</sup> wird vom Coach mit dessen Beobachtungen während des Coachings gefüllt (vgl. Kap. 4.4.1.5 und L5) und dient so zur Einschätzung der aktuellen Kompetenzen eines Coachees in dessen Teilwertstrom. Weitere statistische Daten über den personenbezogenen Fortschritt des KVP bilden (vgl. L6):

- Anzahl erfolgreicher PDCA-Zyklen pro Anzahl der PDCA-Zyklen,
- PDCA-Zyklen pro Tag/ Woche/ Montag,
- Anzahl Tage für aktuellen PDCA-Zyklus und
- Benutzerstatistiken.

So kann eine bessere Einschätzung getroffen, ob ein Zielzustand für einen Coachee angemessen ist und dieser weder über- noch unterfordert wird.



**Abb. 43: TP 1.2 Zielzustand für Prozessschritt definieren**

<sup>48</sup> Im Gegensatz zu einem Datenobjekt, welches zur Laufzeit eines Prozesses erstellt und genutzt wird, dient ein Datenspeicher/ Datenbank zur dauerhaften Speicherung von Objekten, auch über das Ende eines einzelnen Prozesses hinaus. Die Coaching-Datenbank wird somit über mehrere Wertströme und Verbesserungszyklen hinweg gepflegt.

## 4.4.1.4 Teilprozess Prozessverbesserung

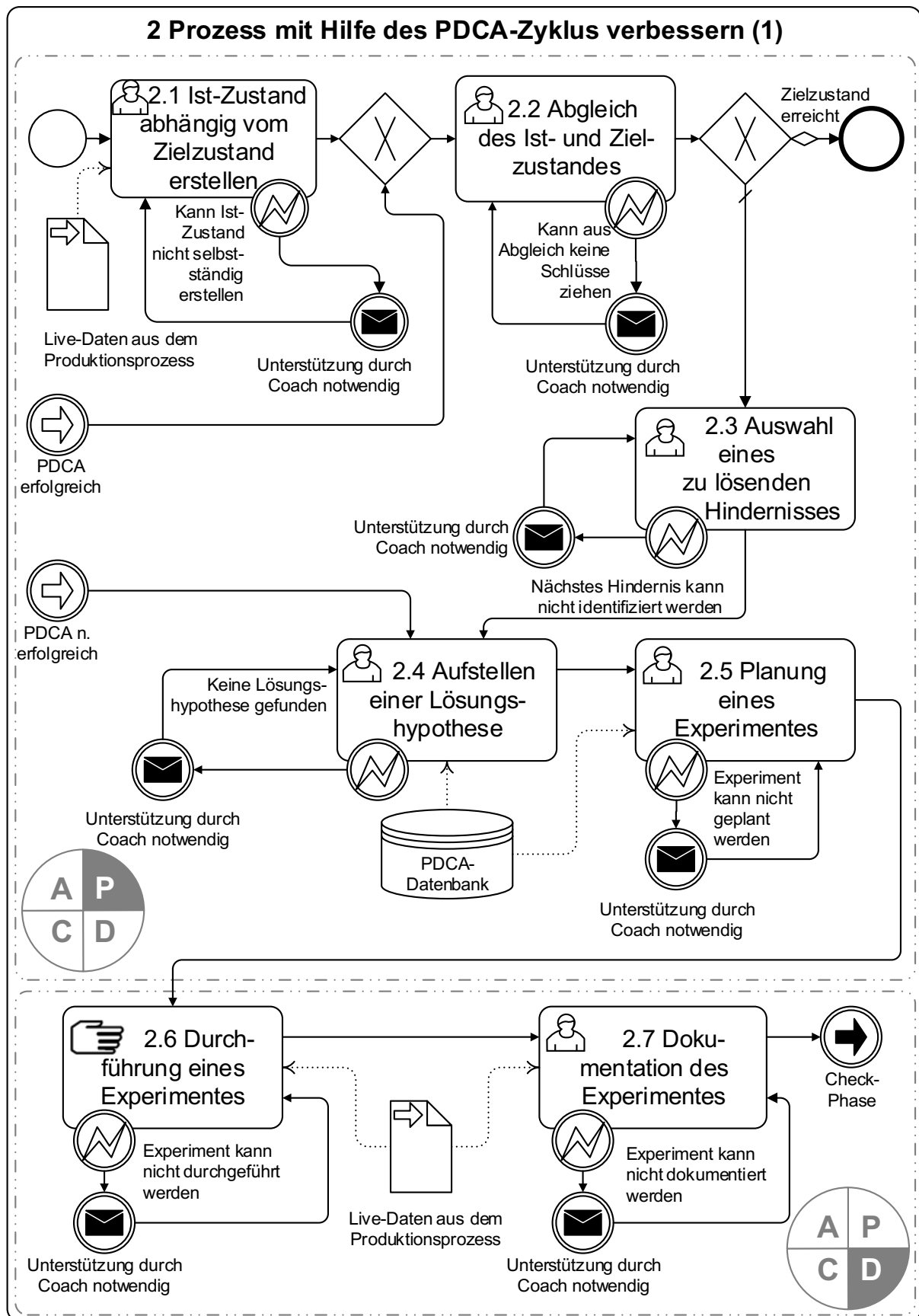


Abb. 44: TP 2 Prozess mit Hilfe des PDCA-Zyklus verbessern, Teil 1

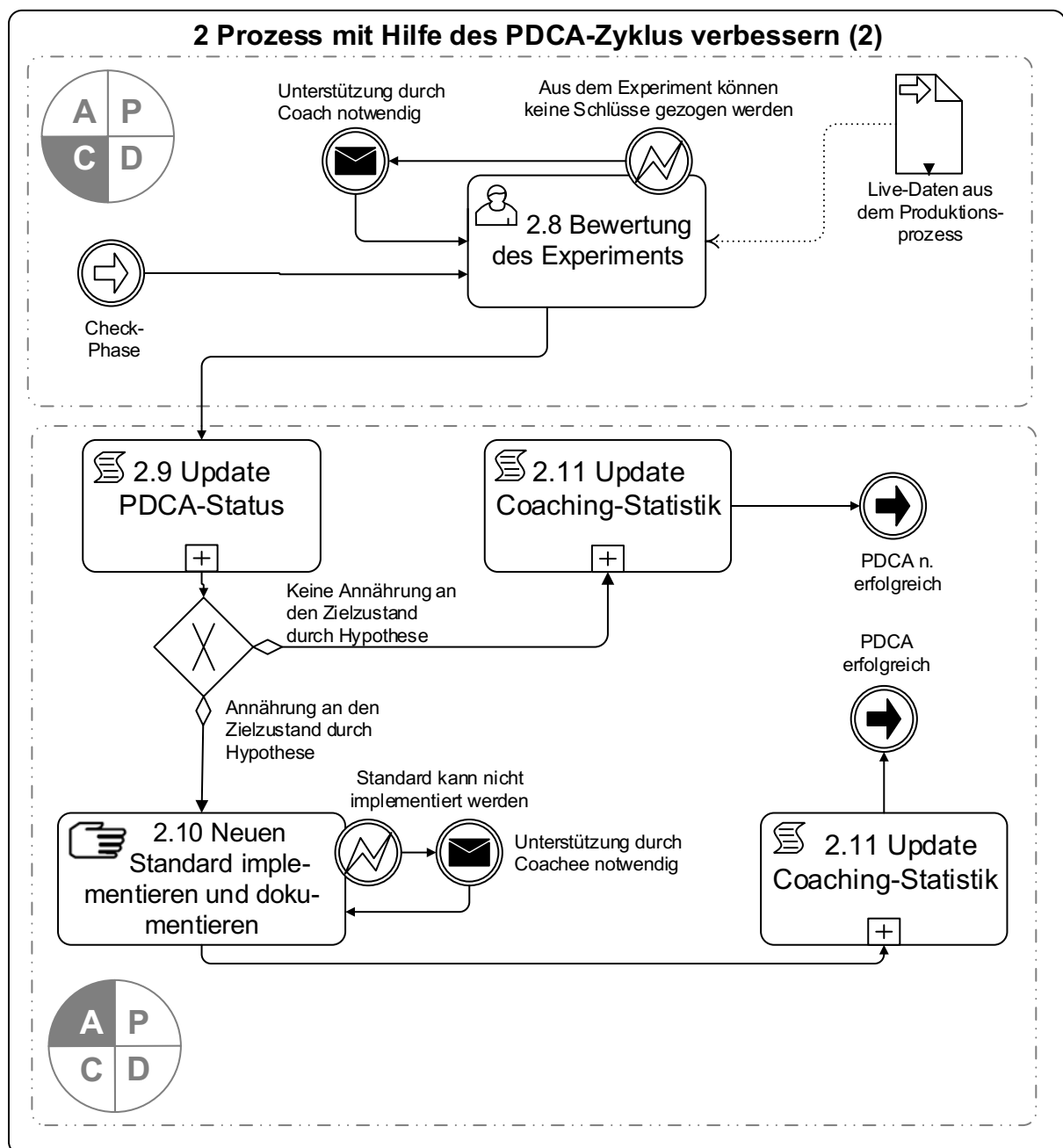


Abb. 45: TP 2 Prozess mit Hilfe des PDCA-Zyklus verbessern, Teil 2

Der TP 2 bildet den Kern der KVP-Methodik (vgl. Abb. 44 und Abb. 45). Er folgt dem PDCA-Zyklus (vgl. L5). Dieser wird vollautomatisch (im TP 2.9, 2.11 und 2.12), teilautomatisch und assistenzgestützt (wie in TP 2.1 und 2.2) oder rein manuell (wie TP 2.5) durch den Coachee bearbeitet. Die Fehlerereignisse, die einen Einsatz des Coaches bedingen, werden im Prozess aufgeführt. Außerdem kommt ein weiterer Datenspeicher, die PDCA-Datenbank zum Einsatz (vgl. L5). In dieser Datenbank werden alle relevanten Informationen über den Status des PDCA, wie

- Aktueller Istzustand,
- adressiertes Hindernis,
- Lösungshypothese,
- Aufbau und Ablauf des Experimentes,
- Ergebnis des Experimentes und
- Veränderung des Zielzustandes

abgelegt. Auch die Coaching-Datenbank wird hier um einen Datensatz erweitert; beide Datensätze werden nach Maßgabe des Coachees anonym oder personenbezogen gespeichert (vgl. L6). Dies wird in TP 2.9 und TP 2.11 im Anhang A.5 beschrieben.

#### 4.4.1.5 Teilprozess Coachee Unterstützung

Kern bildet der TP 3 (vgl. Anhang A.5), welcher sich an die Coaching-Routine anlehnt (vgl. Kap. 2.3.2.2). Diese wird zusätzlich durch die bereits vorgestellten Datenobjekte unterstützt und findet assistenzbasiert statt, wobei die Möglichkeit besteht jeweils auf die entsprechende Stelle im TP 2 zuzugreifen. Vor Beginn des Coachings kann der Coach im Rahmen der ad-hoc<sup>49</sup>-TP 3.1 bis 3.4 initiale Analyse durchführen, um das Problem des Coachees besser zu verstehen, da durch das System bereits vor dem eigentlichen Coaching-Gespräch dargestellt wird, in welchem PDCA-Schritt und bei welchem Sachverhalt der Coachee Unterstützung benötigt.

#### 4.4.2 Übertragung des Gestaltungsmodells in einen Prototypen

Um das oben vorgestellte Gestaltungsmodell in einen durch die Benutzer bedienbaren Gestaltungsentwurf umzuwandeln, wird ein Prototyp verwendet. Die Erstellung des Prototypen ist ein kreativer Prozess, der durch die Einbeziehung von Feedback der Stakeholder in strukturierte Bahnen gelenkt wird.

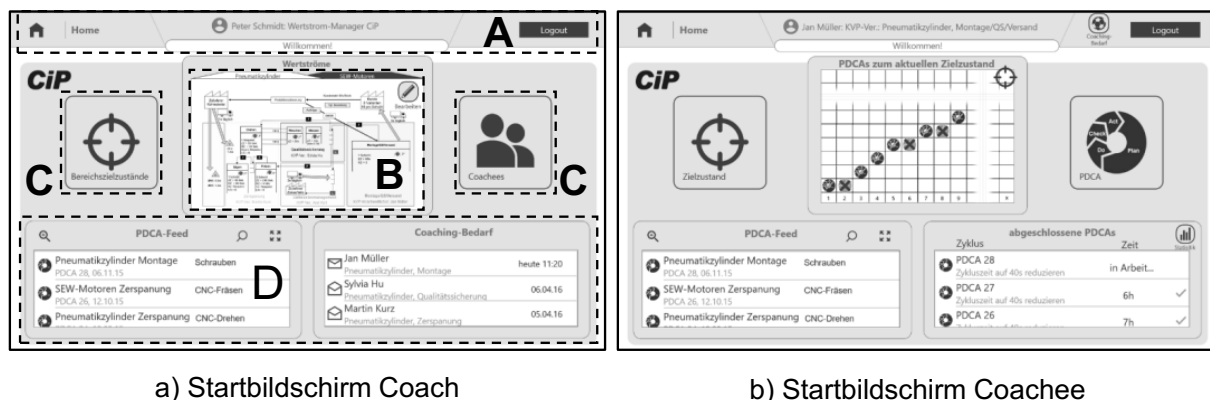
Der Morphologie aus Abb. 30 auf S. 62 folgend, handelt es sich bei dem Prototypen um einen vertikalen Software-Prototyp dessen Fokus auf der Unterstützung der beiden zentralen Rollen in der KVP-Methodik – Coach und Coachee – liegt, um dabei besonders den Einsatz von Assistenten zu testen. Die Kernfunktionen werden dabei als High-Fidelity-, die unterstützenden Funktionen als Low-Fidelity-Prototyp umgesetzt. Zwar liegt der Fokus des Prototypen auf dem Umgang mit der Software, er wird allerdings auf die Hardware des interaktiven Whiteboards und Tablets aufgesetzt (vgl. Tab. 5, S. 75) und für diese im ersten Schritt optimiert.

---

<sup>49</sup> In der BPMN-Notation bezeichnet eine Ad-Hoc-Prozessgruppe eine Entscheidungsmöglichkeit für den Nutzer, in der dieser selbstständig auswählen kann, ob und in welcher Reihenfolge Prozesse ausgeführt werden sollen.

Das Grundkonzept des Prototypen folgt einem hierarchischen Ansatz. So starten sowohl Coach, als auch Coachee auf einem zentralen Startbildschirm (vgl. Abb. 46), der ihnen ein Einstieg in die jeweils für sie relevanten TP (vgl. Abb. 42, S. 88) bietet.

Die Layoutstruktur<sup>50</sup> dieser und der anderen Bildschirme folgt dem von HAUBNER definierten Konzept der Grundaufteilung nach Zustands-, Arbeits-, Steuerungsinformationen und Systemmeldungen [HAUB85], [WAND93]. Dabei wird empfohlen Zustandsinformationen im oberen Bereich des Bildschirms und Systemmeldungen im unteren Bereich anzuordnen.



a) Startbildschirm Coach

b) Startbildschirm Coachee

Abb. 46: Navigationsstruktur des Prototypen

Abb. 46 a) zeigt die Aufteilung am Beispiel des Coaches. Dieser findet im oberen Bereich des Bildschirms zunächst Informationen über den Zustand des aktuell eingeloggten Benutzers (A). Hier befindet sich auch die grundsätzliche Menüstruktur, die aufzeigt auf welchem Bildschirm sich der Benutzer aktuell befindet. In einem komplexeren Beispiel wird hier für den Coachee die Position im PDCA-Zyklus des Kernprozesses *Prozessverbesserung* eingeblendet.

Auch der aktuell eingeloggte Benutzer wird namentlich erwähnt, um zu verhindern, dass mit einem falschen Benutzer weitergearbeitet wird. Dies ist besonders bei dem Betrieb auf einem interaktiven Whiteboard relevant, weil diese nicht zu den persönlichen Geräten eines Benutzers gehören und normalerweise an zentralen Orten (zum Beispiel in der Produktion) aufgestellt sind. Die Arbeits- (B) und Steuerungselemente (C) befinden sich zentral auf dem Bildschirm. In der Rolle des Coaches ist dies eine zentrale Sicht auf den zu verbessernden Wertstrom (B) und die Bedienfelder zum Öffnen der beiden Kernprozesse *Zielbildung* und *Coachee Unterstützung*. In den Systemmeldungen (D) werden sowohl Coacheeanfragen (vgl. den TP 3 in Abb. 62, S. 159), als auch das Unternehmens

<sup>50</sup> Unter einem Layout wird hier die Anordnung und Proportionierung der einzelnen Elemente (wie Texte, Symbole, Bilder, Tabellen und Bedienfelder) und deren Zusammenhänge verstanden [STAP07], [KÖNI12b].

Social Network System, welches Informationen über den aktuellen Stand aller KVP-Aktivitäten liefert, dargestellt. Das Social Network System speist sich aus dem Datenobjekt der *PDCA-Datenbank* (vgl. TP 2.9.2 in Abb. 60, S. 158).

Die technische Umsetzung erfolgt mit der Prototyping-Plattform<sup>51</sup> PROTO.IO [PROT19]. In dieser können mittels eines graphischen Editors schnell funktionale Oberflächen gebaut werden, die untereinander zu komplexen Programmstrukturen verknüpft werden können. Durch den anschließenden Export als HTML-Code mit JAVASCRIPT (JS), die durch die *JS Player Rendering Engine* von PROTO.IO generiert wird, kann der Prototyp in jedem modernen Internetbrowser getestet werden<sup>52</sup>.

#### 4.4.3 Durchführung von Nutzerstudien mit dem Prototypen

Wie in Kap. 2.7.2.4 beschrieben, eignet sich in dieser frühen Phase der Produktentwicklung der Einsatz von Experten, um zum einen den Erfüllungsgrad der Anforderungen und zum anderen die Berücksichtigung der Gestaltungsgrundsätze nach DIN EN ISO 9241-110 und 11 zu überprüfen und gemäß dem iterativen Vorgehen aus Kap. 4.1 zu verbessern [DIN06], [DIN18]. Zur Einbeziehung des Experten soll ein Expert Cognitive Walkthrough Usability-Test zum Einsatz kommen.

##### 4.4.3.1 Aufbau

Aus den beiden zentralen miteinander verschränkten Kernprozessen *Zielbildung* (vgl. Abb. 43, S. 89) und *Prozessverbesserung* (vgl. Abb. 44 und Abb. 45, S. 90f.), der wiederum das *Coaching* (vgl. Abb. 62, Anhang A.5) beinhaltet, werden zwei Szenarien abgeleitet [JÄGE16]. Szenarien können im Rahmen von Usability-Untersuchungen direkt aus den aktuellen oder zukünftig geplanten Tätigkeiten der Nutzer abgeleitet werden. In diesem Fall werden durch die Methodik des KVP vom Typ C bereits Tätigkeiten für den Coach und Coachee vorgegeben, die ein vereinfachtes Beispielszenario bilden, damit die Experten alle Funktionen des Prototypen testen können.

##### *Szenario 1: Coach*

In diesem Szenario erhält der Coach zunächst die Aufgabe eine Wertstromanalyse durchzuführen, um den Ist-Zustand des Wertstroms festzustellen. Aus den vorgegebenen Gesamtzielen für den Wertstrom, kann so ein Zielwertstrom definiert werden. Die Arbeit erfolgt hier in der Produktion, weshalb er ein Tablet einsetzt. Anschließend trifft

---

<sup>51</sup> Prototyping bezeichnet in der Softwareentwicklung das Herstellen eines Stückes Software, welche absichtlich unvollständig bleibt. Der Entwicklungsprozess wird auf bestimmte Teilaspekte gelenkt. In diesem Fall ist dies die Gestaltung der Oberfläche und Benutzerführung [LACK19].

<sup>52</sup> Der vollständige Prototyp kann unter <http://prototyp.digital-kvpboard.de> benutzt werden.



er sich mit dem Coachee und definiert zusammen mit diesem einen konkreten Zielzustand für einen Arbeitsbereich des Coachs im Wertstrom. Dazu überprüft er vor dem Treffen die KVP-Leistungen des Coachees, um abschätzen zu können wie herausfordernd ein Zielzustand für diesen sein darf, ohne ihn zu überfordern. Diese gemeinsame Erstellung des Zielzustandes erfolgt an einem interaktiven Whiteboard. Anschließend wartet er darauf, dass sein Coachee ihn um ein Coachinggespräch bittet und führt dieses anschließend unter Zuhilfenahme des Coaching-Assistenten durch. Er dokumentiert seine Beobachtungen bezüglich des Coachees und wo er ihn in Zukunft weiter unterstützen kann. Das Coaching findet ebenfalls am Whiteboard statt.

#### *Szenario 2: Coachee*

Basierend auf dem erstellten Zielzustand beginnt der Coachee mit der Prozessverbesserung, wobei er den im Prototyp hinterlegten PDCA-Assistenten nutzt, der ihn durch die Schritte der Prozessverbesserung führt. Der erste PDCA-Zyklus beinhaltet das Hindernis, dass der genaue Zustand des Prozessschrittes unklar ist und daher zunächst eine ausführliche Prozessanalyse vorgenommen werden muss. Der Coachee verwendet dazu das Tablet. Nach dem ersten Zyklus bittet er den Coach um einen Coachingtermin und führt dies mit ihm durch. Danach beginnt er seinen nächsten PDCA-Zyklus.

Die beiden Szenarien werden in Handlungsleitfäden für die Experten übertragen (vgl. Anhang A.6). Zur Messung kommt ein vereinfachter Usability-Leitfaden<sup>53</sup> der DAKKS zum Einsatz (vgl. Kap. 2.7.2.4) [JÄGE16]. Die komplette Dokumentationsvorlage ist in Anhang A.7 dargestellt. Zusätzlich haben die Experten die Möglichkeit, weitere Anmerkungen direkt in den verschiedenen Szenen der Szenarien zu dokumentieren.

#### 4.4.3.2 Durchführung und Ergebnisse

Die  $n = 3$  universitären KVP-Expertinnen und Experten durchliefen jeweils jedes Szenario, um die beiden unterschiedlichen Perspektiven einnehmen zu können (vgl. Tab. 12), dabei benutzten sie jeweils das interaktive Whiteboard und ein Tablet (vgl. Tab. 5, S. 75) in der Laborumgebung der CIP. Der Prototyp wurde lokal auf den jeweiligen Geräten in einem Webbrowser betrieben.

In der Auswertung zeigt sich, dass im Rahmen der *Aufgabenangemessenheit* die Navigation als zu aufwendig und verwirrend bewertet wurde. Es wurde vorgeschlagen diese durch ein einfaches Menü im oberen Bereich des Bildschirms oder einen Navigationsbaum zu ersetzen. Zudem wurde die zu große Anzahl an Schaltflächen kritisiert. Die zu

---

<sup>53</sup> Dabei wird der Grundsatz der *Fehlertoleranz* allerdings nicht berücksichtigt, da der Prototyp auf Grund seiner mangelnden Eingabemöglichkeiten keine fehlerhaften Eingaben ermöglicht.

bearbeitende Elemente sollten vielmehr direkt anklickbar sein. Dazu gehören Abbildungen wie die Wertstromdarstellung, aber auch Tabellen mit Dateneinträgen.

**Tab. 12: Phasen des Prototypen-Test**

Iteration	Phase	Experte 1	Experte 2	Experte 3
1	I	Szenario 1	Szenario 2	
	II		Szenario 1	Szenario 2
	III	Szenario 2		Szenario 1

Durch das Fehlen der konventionellen Formblätter im KVP (vgl. Abb. 15, S. 27 und Abb. 17, S. 32) gab es zunächst Verwirrung, was den Ablauf der KVP-Methodik angeht (*Selbstbeschreibungsfähigkeit*). Neben generellen Verbesserungen in der Darstellung von aktiven/ nicht aktiven Elementen, wurde die Darstellung der Schritte im PDCA-Zyklus als zu überfrachtet und unübersichtlich kritisiert.

Außerdem wurde, bezogen auf die *Steuerbarkeit*, die aufwendige Menüführung als verbesserungswürdig erachtet, die die Nutzer immer zur Zurückkehr zum Startbildschirm zwingen, wenn eine neue Funktion aufgerufen werden muss.

Im Rahmen der *Erwartungskonformität* wurde vor allem die Hardware des Whiteboards kritisiert, da dieses teilweise nur sehr langsam auf Eingaben reagiert hat. Die Tester kritisierten, dass der Funktionsumfang zu gering ist, um die *Individualisierbarkeit* zu erproben. Die *Lernförderlichkeit* wurde allerdings durchgängig positiv bewertet, was auf das hohe Potential der KVP-Methodik hinweist.

Diese und weitere identifizierte Verbesserungen und deren konkrete Handlungsanweisungen für den nächsten Iterationsschritt stellt Tab. 24 in Anhang A.10 dar. Da diese nicht das grundsätzliche Konzept der KVP-Methodik in Frage stellen und sich sogar Einschränkungen durch den nichtfunktionalen Betrieb des Prototypen zeigen (vgl. 1.5, Tab. 24, Anhang A.10), wurde entschieden die Verbesserungen direkt im funktionalen KVP-Board umzusetzen und so die nächsten Tests nicht mit dem Prototyp, sondern direkt mit dem KVP-Board durchzuführen.

#### 4.4.4 Übertragung des Prototypen in das digitale KVP-Board

Unter Berücksichtigung der Anforderungen aus Kap. 4.1 und 4.3 und bereits identifizierten Verbesserungsmaßnahmen, soll die KVP-Methodik nun in eine funktionale IT-Lösung – das digitale KVP-Board – umgesetzt werden. Dazu wird zunächst ein Entwicklungsframework ausgewählt was der Anforderung nach der Plattform- und Endgeräteübergreifenden Benutzbarkeit entspricht (vgl. L2). Des Weiteren werden die grund-

sätzlichen Prinzipien des Back- und Frontends spezifiziert und anschließend programmiert, was im Rahmen einer studentischen Arbeit erfolgt [HEIM18]. Zur besseren Lesbarkeit der Arbeit und zur Vermeidung von Redundanzen in der Vorstellung bilden die folgenden Erläuterungen, Datenstrukturen und Bildschirme bereits die finale Version des digitalen KVP-Board nach der letzten Nutzerstudie ab (vgl. Kap. 4.4.5.2 und insbesondere Anhang A.10)<sup>54</sup>.

#### 4.4.4.1 Entwicklungsframeworks

Der Bereich der webbasierten Entwicklungsframeworks unterliegt konstanten Schwankungen. So kommen laufend neue Frameworks hinzu, wohingegen andere, die über keine signifikante Nutzerbasis mehr verfügen, in der Bedeutungslosigkeit verschwinden. Dies ist allerdings problematisch, da nur ein gepflegtes Framework mit neuen Funktionen, Bibliotheken und Sicherheitsupdates ausgestattet wird. ROR ist seit mehr als 10 Jahren am Markt verfügbar und gehört weiterhin zu den am meisten verbreiteten Fullstack-Frameworks [BÄCH07], [HOTF19]. ROR generiert je nach Anfrage an das Backend eine entsprechende Oberfläche. Diese wird im Webbrowser nur noch dargestellt, muss also von diesem nicht mehr interpretiert/ berechnet werden.

Beim Design der Oberfläche kommt das Design-Framework BOOTSTRAP [BOOT19] zum Einsatz. Auch dieses ist seit mehreren Jahren eines der meistverwendeten Frameworks für die Gestaltung von webbasierten Oberflächen und lässt sich in Kombination mit ROR einsetzen [COPE17], [GERC18]. Als letztes Element kommt schließlich JS als Scriptsprache zur Manipulation von Elementen nach der Auslieferung durch ROR im Browser zum Einsatz. Dies eignet sich vor allem für Elemente, die auf eine Nutzeraktion reagieren müssen, die keine Kommunikation mit ROR notwendig macht [WALT08].

#### 4.4.4.2 Softwarearchitektur

Die Softwarearchitektur beschreibt die Struktur der verschiedenen Elemente einer Software. Diese besteht zum Beispiel aus Datenbanken, Versionsverwaltung und angeschlossenen anderen Systemen [GHAR13]. Zur Darstellung dieser Architektur eignet sich ein *Verteilungsdiagramm*, welches eine Diagrammart der *Unified Modeling Language (UML)* bildet und in der ISO/IEC 19505 normiert wird [ISO12].

In Falle der Entwicklung des digitalen KVP-Boards ist es sinnvoll Umgebungen zu definieren in denen das Board jeweils ausgeführt wird, da dieses iterativ entwickelt wird.

---

<sup>54</sup> Die finale KVP-Board kann unter <http://demo.digital-kvpboard.de> aufgerufen werden. Siehe Anhang A.8 für eine Darstellung der Benutzer, Rollen und deren Zugangsdaten.

Es benötigt daher eine *lokale Entwicklungsumgebung*, eine *Testumgebung* und eine *Produktivumgebung* für den Einsatz in der CIP (vgl. Abb. 47). Wohingegen die erste Umgebung nur von einem Nutzer – dem Entwickler – bedient wird, muss die Test-Umgebung für die ersten Tests von mehreren Benutzern bedienbar sein und daher eine Webanbindung aufweisen (vgl. Kap. 4.4.3.2).

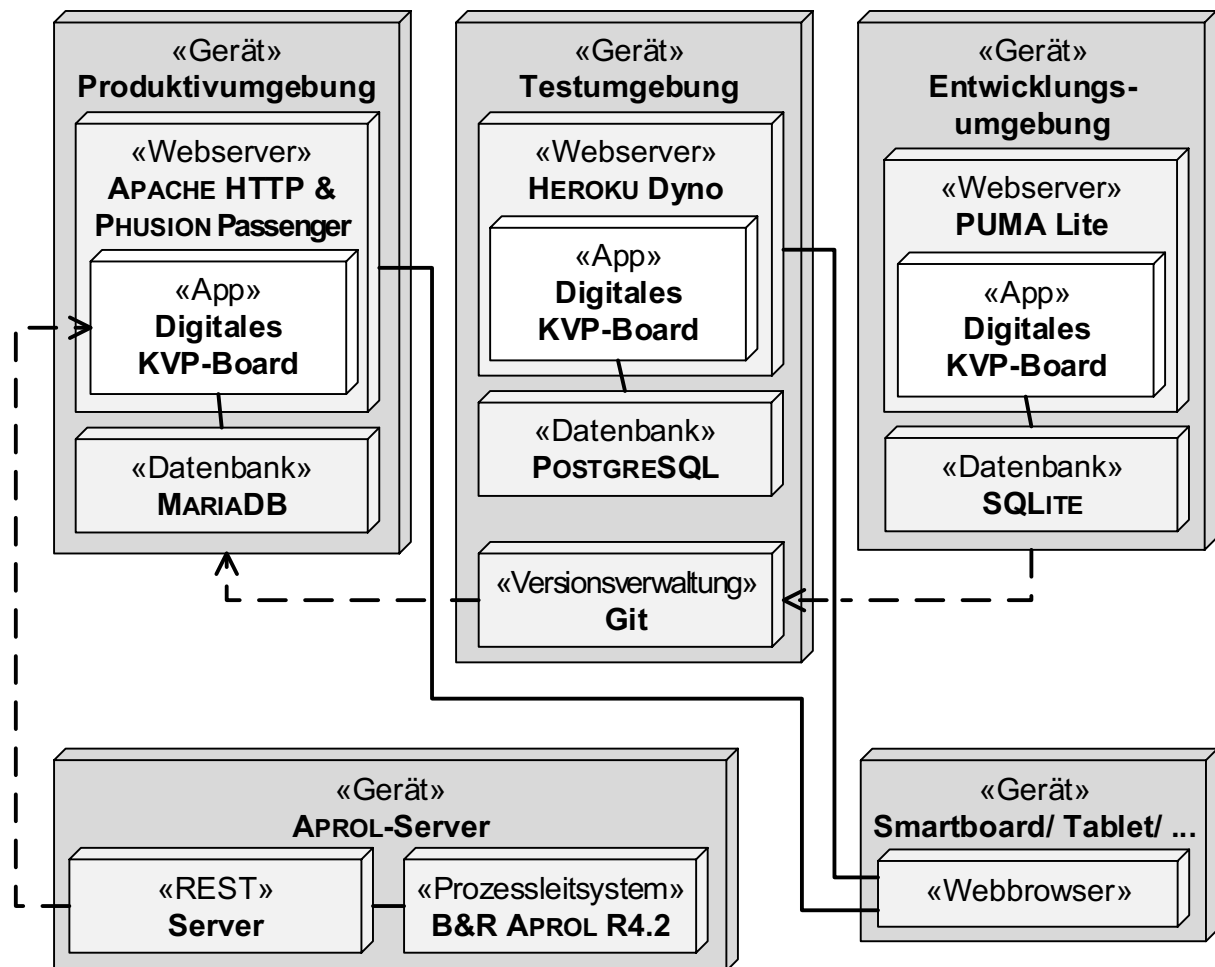


Abb. 47: UML-Verteilungsdiagramm des digitalen KVP-Boards<sup>55</sup>

Die Produktivumgebung muss lokal in der CIP lauffähig sein und die Datenanbindung zu dem externen B&R APROL-System zum Auslesen von Kennzahlen aus dem Produktionsprozess ermöglichen. Dies wird über eine Representational State Transfer-Schnittstelle (REST) realisiert. REST ist ein sehr einfach zu realisierender Ansatz, um Daten zwischen webbasierten Server-/ Clientdiensten auszutauschen, da dieser auf dem Hypertext Transfer Protokoll (HTTP) aufbaut und dessen Steuerungs-, Authentifizierungs- und Verschlüsselungsprinzipien nutzt [FIEL00]. Über diese Schnittstelle können Ressourcen auf einem Server ausgelesen, manipuliert, gelöscht oder neu angelegt werden.

<sup>55</sup> Verwendet werden die Standard-ROR Entwicklungsumgebung [ROR19b], [SQLI19], HEROKU als Testumgebung und zur Versionsverwaltung [SALE19], [POST19] und der APACHE HTTP-Server mit PHUSION Passenger für den Produktivbetrieb [APAC19], [PHUS19], [MARI19].

Im Falle der CIP werden über die entwickelte REST-Schnittstelle nur Daten aus dem Produktionsprozess ausgelesen und diese nicht manipuliert.

#### 4.4.4.3 Backend

Zur Abbildung der drei Kernprozesse muss im Backend eine entsprechende Datenstruktur etabliert werden. ROR basiert auf dem *Model View Controller Pattern (MVC)*. Dies bedeutet, dass eine strenge Trennung, zwischen dem *Model*, welches mit der Datenbank kommuniziert, dem *View*, welches die Daten darstellt und dem *Controller*, welches als Bindeglied zwischen beiden Ebenen funktioniert, herrscht [WALT08]. Dieser benötigt allerdings eine Logik, um Daten mit anderen Daten zu verknüpfen und entsprechend in einem Aufruf an den *View* zu übergeben.

#### *Datenstruktur*

Diese datengetriebene Modellierung kann in einem *Entity-Relationship-Diagramm (ERD)* dargestellt werden, welches sich direkt in die entsprechende MVC-Struktur übertragen lässt; eine Entität kann dabei sowohl ein Mensch in der Rolle eines Benutzers, als auch Objekte bilden [SCHA96]. Es gibt eine Reihe von Notationen, wobei hier die verbreitete *Krähfuß-Notation* verwendet werden soll [EVER76].

Die wichtigsten Elemente eines ERD bilden die Verbindungen. Diese zeigen an wie viele Objekte ein anderes Objekt besitzt und auf welche Eigenschaften ein anderes Objekt zugreifen darf. Abb. 48 zeigt das ERD des digitalen KVP-Boards mit den wichtigsten Entitäten in der Übersicht. Dabei bildet der Benutzer (User) die zentrale Entität. Benutzer in der Rolle Wertstrom-Management haben Zugriff auf alle Wertströme, Coaches nur auf einen oder mehrere Wertströme.

Coachees wiederum haben nur Zugriff auf die Teilprozesse. Die Verbesserungen führen sie konkret an den Prozesseigenschaften eines Teilprozesses durch, welche aus quantitativen Entitäten – wie Kennzahlen – und qualitativen Entitäten – wie Texte oder Bilder – bestehen können. Um zu verhindern, dass eine Prozesseigenschaft von mehreren Zielzuständen (und damit Coachees) gleichzeitig verändert wird, kann eine Prozesseigenschaft immer nur einem Zielzustand und dieser wiederum nur einem Coachee zugeordnet sein. Auch kann eine PDCA-Entität (Zyklus) immer nur von einem Zielzustand begonnen werden und dabei auch nur eine einzelne Prozesseigenschaft ändern, um zu verhindern, dass das Konzept des systematischen Experimentierens verhindert wird (vgl. Kap. 2.3.2.1). Zu einem PDCA-Zyklus kann schließlich eine Coaching-Entität (Zyklus) initiiert werden, wobei auch hier jeweils nur ein Coaching-Zyklus pro PDCA durchgeführt werden kann. Weitere Entitäten bilden Hindernis und Experiment, welche Prozesseigenschaften verändern und dabei dem PDCA-Zyklus zugeordnet werden.

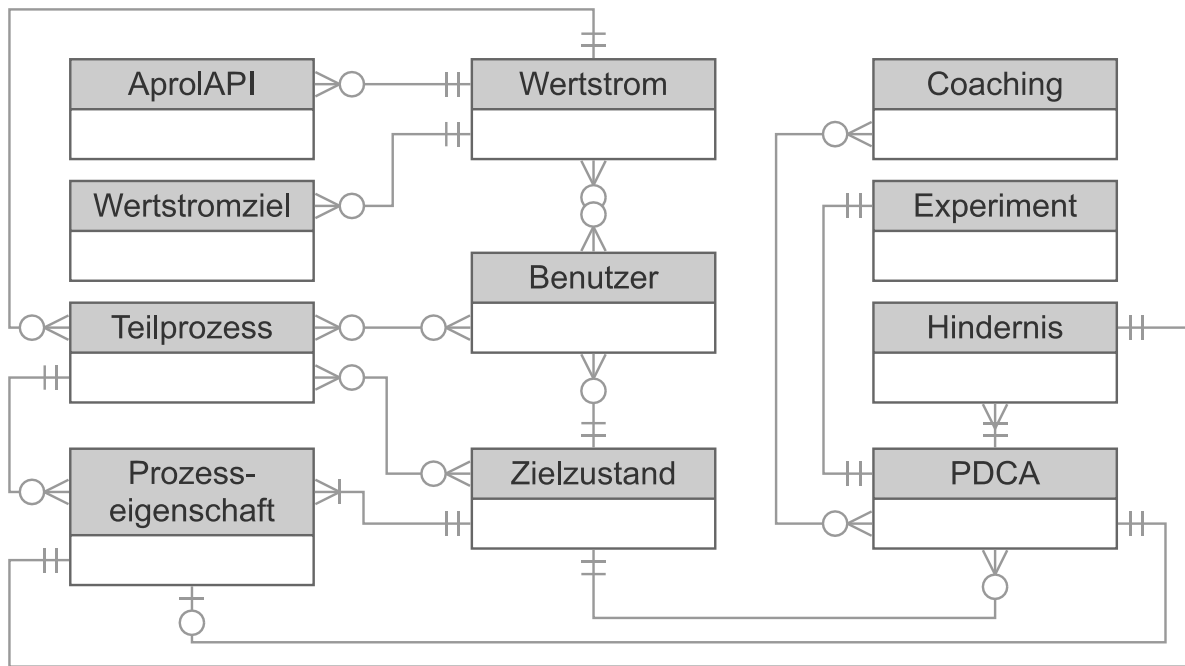


Abb. 48: Vereinfachtes ERD basierend auf [HEIM18]

### Zugriffsverwaltung

Die Zugriffsverwaltung bildet das zweite zentrale Element des Backends. Dieses stellt zum einen sicher, dass verschiedenen Benutzerrollen jeweils nur die für sie relevanten Daten angezeigt werden (im Sinne von L3), also zum Beispiel ein Coachee nur die ihm zugewiesenen Zielzustände angezeigt bekommt. Außerdem erfüllt die Zugriffsverwaltung natürlich die Forderung nach dem Zugriffsschutz im Sinne der Sicherheit, sodass zum Beispiel ein Coachee die Ziele eines Wertstroms nicht verändern kann. Zu diesem Zweck werden die oben beschriebenen Entitäten in eine Hierarchie überführt. Wie Abb. 49 zeigt, wird außerdem eine weitere Rolle *Administrator* eingeführt, die zur Verwaltung des gesamten Boards dient und entsprechend Zugriff auf alle Entitäten hat. Die weiteren Benutzerrollen haben Zugriff auf die Entitäten, welche sich jeweils flussabwärts der Hierarchie befinden.

Allerdings haben nicht alle Rollen die gleichen Rechte was das Erstellen (*Create*), Anzeigen (*Read*), Manipulieren (*Update*) und Löschen (*Destroy*) von Einträgen angeht. Diese sind in Tab. 13 dargestellt. Dabei gibt es einige wenige Sonderfälle<sup>56</sup> wie:

- Das Wertstrom-Management kann bestehenden Wertströmen und Teilprozessen nur Coaches und Coachees zuordnen, aber sie sonst nicht manipulieren.
- Coaches können nur auf die bestehenden PDCA-Zyklen zugreifen, zu denen ein Coachee sie im Rahmen des Coachings einlädt (vgl. dazu Anforderung L6).

<sup>56</sup> Diese sind nach der CRUD-Eigenschaft jeweils mit einem Stern \* gekennzeichnet.

- Coachees können während ihrer Arbeit immer nur den Ist-Wert einer Prozesseigenschaft verändern, aber nicht den Zielwert.

Auch diese Einschränkung erfüllt die beiden obigen Funktionen bezüglich der besseren Bedienbarkeit, da der Fokus in einer Rolle auf den jeweiligen Kernprozess gelenkt wird. Außerdem verhindert das Berechtigungsmanagement Bedienfehler und bildet eine weitere Sicherheitsebene.

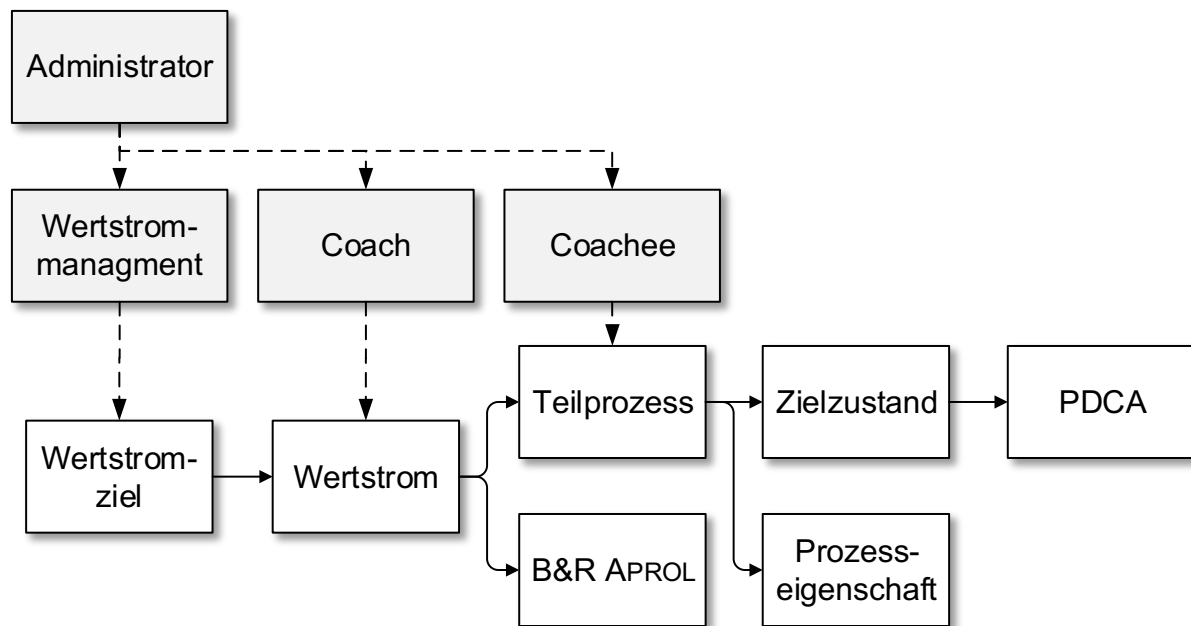


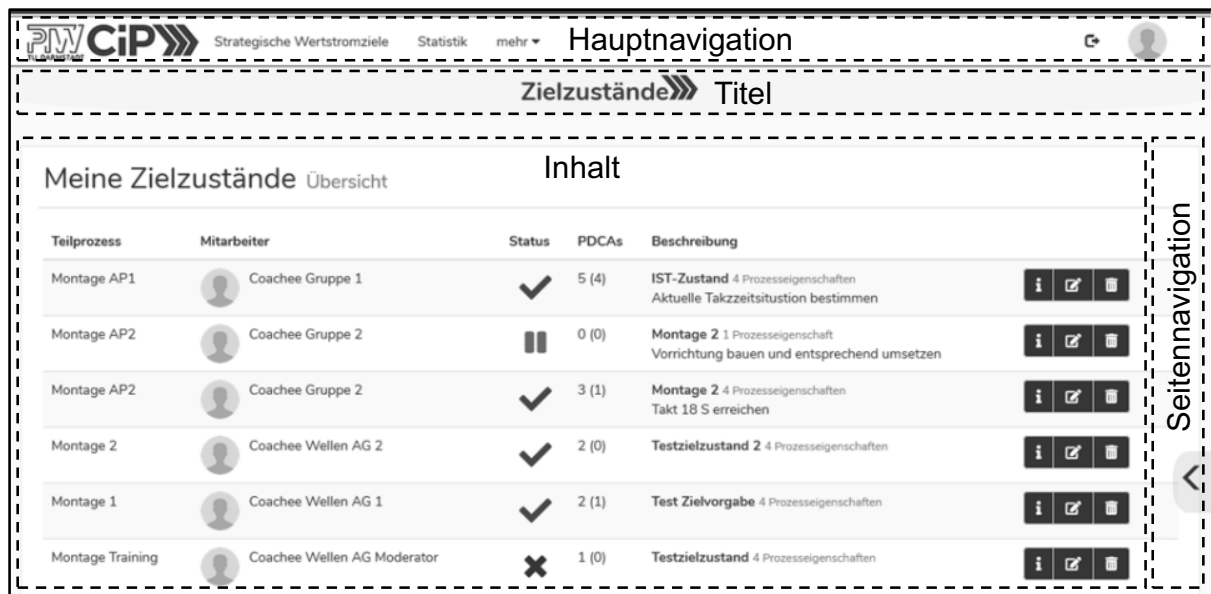
Abb. 49: Vereinfachte Modellhierarchie basierend auf [HEIM18]

Tab. 13: Zugriffsberechtigungen im digitalen KVP-Board basierend auf [HEIM18][HEIM18]

Entität	Administrator	Wertstrom- Management	Coach	Coachee
Wertstromziel	CRUD	CRUD	R	R
Wertstrom	CRUD	RU*	CRUD	R
Teilprozess	CRUD	RU*	CRUD	R
Prozesseigenschaft	CRUD	R	CRUD	RU*
Zielzustand	CRUD	R	CRUD	R
PDCA	CRUD	-	CR* U* D*	CRUD
Experiment	CRUD	-	CR* U* D*	CRUD
Hindernis	CRUD	-	CR* U* D*	CRUD
Coaching	CRUD	-	CR* U* D*	CRUD

## 4.4.4.4 Frontend

Die Gestaltung des Frontends folgt denselben Gestaltungsrichtlinien wie die des Prototypen. Abb. 50 gibt hier eine Übersicht über den grundsätzlichen Aufbau eines Bildschirms<sup>57</sup>. Die wichtigsten Veränderungen gegenüber dem Prototypen beziehen sich auf eine neue Menüführung (vgl. Abb. 46, S. 93 und Anhang A.10) und die in L2 geforderte Geräteunabhängigkeit mittels Responsive Design.



**Abb. 50: Bildschirmaufbau am Beispiel des Wertstrom-Managements [HEIM18]**

Ersteres wird durch ein Menü, das von jedem Bildschirm aus aufgerufen werden kann, ermöglicht. Hierbei werden die für jede Rolle jeweils wichtigsten Funktionen im oberen Navigationsbereich angezeigt; ein Seitenmenü zeigt weitere Elemente, die aber nur zur Unterstützung der jeweiligen Kernprozesse dienen. So kann der Benutzer in der Rolle des Coachees während der PDCA-Durchführung die einzelnen Phasen des Zyklus direkt ansteuern (vgl. Abb. 50).

Das Grid Layout des KVP-Board basiert darauf, dass den einzelnen Elementen des zentralen Bildschirminhaltes keine festen Größen, sondern nur Anteile des Bildschirms in Form von Spalten zugewiesen werden. Durch Auswertung der Spaltenbreite auf einem entsprechenden Endgerät, entscheidet der Browser wie viele Spalten nebeneinander angezeigt werden sollen, oder ob diese untereinander angezeigt werden (vgl. Abb. 51)<sup>58</sup>.

<sup>57</sup> Zur besseren Übersicht beinhalten der Bildschirm aus Abb. 50 und die Folgenden bereits die finale Darstellung und Funktion des digitalen KVP-Board nach der letzten Nutzerstudie (vgl. Kap. 4.4.5.2).

<sup>58</sup> Dabei stehen standardmäßig auf hochauflösenden Bildschirmen 12, bei mittlerer Auflösung 6 und bei geringer Auflösung 3 oder 4 Rasterspalten zur Verfügung [HEIM18].





Abb. 51: Das Konzept des Grid Layouts [HEIM18]

#### 4.4.5 Durchführung von Nutzerstudien mit dem digitalen KVP-Board

Analog zu der vorherigen Nutzerstudie aus Kap. 4.4.3, wird nach der technischen Umsetzung des digitalen KVP-Boards, auch an diesem eine Nutzerstudie nach dem Konzept des Expert Cognitive Walkthrough Usability-Test durchgeführt, um weitere Verbesserungen zu identifizieren. Das Vorgehen folgt dabei den in Kap. 4.4.3 vorgestellten Schritten.

##### 4.4.5.1 Aufbau

Durch die Hinzunahmen einer weiteren Benutzerrolle und dem Feedback, dass die Verwendung des Systems einer Einführung bedarf, wurden weitere Szenarien zu der Studie hinzugefügt (vgl. 1.3 aus Tab. 24, Anhang A.10). Außerdem wurde ein Szenario explizit für das Wertstrom-Management definiert, da durch die bestehende echte Datenvernetzung des Boards auch die Funktionen der Zielerstellung getestet werden können. Die Szenarien werden ebenfalls in Handlungsleitfäden übertragen (vgl. Anhang A.9) [HEIM18]:

##### *Szenario 0: Einführung*

Dieses Szenario dient zur Erstellung eines Benutzerkontos und dem Üben des Umgangs mit der Benutzerverwaltung. Alle Nutzer erhalten außerdem die Möglichkeit selbstständig durch das Board zu navigieren und entsprechende Verständnisfragen zu stellen.

##### *Szenario 1: Coach*

Hier werden nur Ergänzungen gegenüber dem Szenario aus Kap. 4.4.3.1 vorgenommen: Der Coach erhält zunächst die Aufgabe einen neuen Wertstrom zu erstellen. Dieser besteht unter anderem aus mehreren Montageschritten. Für diese soll er die Live-Kennzahlenanbindung aus dem B&R APROL-System realisieren. Nachdem das Wertstrom-

Management für diesen Wertstrom Ziele erstellt hat, fährt er mit seinen weiteren Tätigkeiten aus Szenario 1 fort.

#### *Szenario 2: Coachee*

Dieses Szenario wird gegenüber Kap. 4.4.3.1 nicht modifiziert.

#### *Szenario 3: Wertstrom-Management*

Der Wertstrom-Manager erhält die Aufgabe für den vom Coach erstellten Wertstrom ein neues Wertstromziel festzulegen. Außerdem soll ein bereits bestehendes Ziel durch ihn modifiziert werden. Dieses Wertstromziel bildet die Ausgangssituation für die beiden Szenarien 1 und 2.

#### *Szenario 4: Administrator*

In diesem Szenario erhält der Administrator die Aufgabe nach dem Login einen anderen Benutzer vom Coachee zum Coach aufsteigen zu lassen. Dazu verwendet er die Benutzerverwaltung. Außerdem soll er einen Testbenutzer löschen.

### 4.4.5.2 Durchführung und Ergebnisse

Die Nutzertests wurden mit insgesamt  $n = 6$  universitären KVP-Expertinnen und Experten dreimal durchlaufen, bis alle Verbesserungshinweise zufriedenstellend umgesetzt werden konnten. Auch hier wurde dafür gesorgt, dass jede Expertin und Experte alle Szenarien durchlaufen konnte (vgl. Tab. 14), wobei ebenfalls ein interaktives Whiteboard und Tablet benutzt wurden.

**Tab. 14: Phasen des KVP-Board-Tests**

Iteration	Phase	Experte 1	Experte 2
2-4	I	Szenario 0	Szenario 0
	II	Szenario 1	Szenario 2
	III	Szenario 3	Szenario 4
	IV	Szenario 2	Szenario 1
	V	Szenario 4	Szenario 2

Wie in der ersten Nutzerstudien-Iteration wurden vor allem Verbesserungen im Bereich der *Aufgabenangemessenheit* und *Selbstbeschreibungsfähigkeit* identifiziert: Verbesserungen in der *Aufgabenangemessenheit* bezogen sich auf eine genauere Datenstruktur, die zum Beispiel verhindert, dass ein Coachee unbeabsichtigt den ihr oder ihm zugewiesenen Wertstrom oder Coach-Zuweisung löschen kann. Unnötige Detailansichten im Board sowie im Informationsfeed, wurden kritisiert und entsprechend verringert. Im

Rahmen des Betriebs in der CIP wurde außerdem festgestellt, dass nicht in allen Prozessschritten Live-Daten zu jeder Zeit zur Verfügung stehen, weswegen auch manuelle Aufnahmen beispielsweise der Zykluszeit möglich sein sollten, was mit Hilfe einer Stoppuhr umgesetzt wurde.

Die Veränderungen im Rahmen der *Selbstbeschreibungsfähigkeit* zielten auf die Veränderungen von Entitäten wie die quantitativen und qualitativen Prozesseigenschaften ab, die vorher fälschlicherweise als Kennzahlen bezeichnet wurden (vgl. Abb. 48, S. 100). Auch Veränderungen in der Darstellung von Symbolen und der Größe von Schriften wurde hier vorgenommen.

Die *Steuerbarkeit* zielte wiederum auf inhaltliche Veränderungen ab: So wurde kritisiert, dass nur ein Coachee ein Coaching beginnen kann. Auch dass der Coach die Möglichkeit hat einen vermeintlich erfüllten Zielzustand wieder zu öffnen, falls es noch Elemente zur Nacharbeit gibt, wurde hier umgesetzt. Weitere Verbesserungen bezogen sich auf die Integration der Live-Daten an verschiedenen Orten im Board.

Im Rahmen der *Erwartungskonformität* wurden weitere Steuerungsprobleme gelöst und bezüglich der *Individualisierbarkeit* die Navigationsstruktur zu dem rollenspezifischen Navigationskonzept umgewandelt (vgl. Kap. 4.4.4.4). Veränderungen im Bereich der *Lernförderlichkeit* bezogen sich vor allem auf die Einführung von Tooltips und einem Assistenten für das Anlegen von Zielzuständen für den Coach. Die Beobachtungen und Veränderungen aufgeschlüsselt nach den Iterationen zwei bis vier können Tab. 25–Tab. 27 in Anhang A.10 entnommen werden.

#### 4.5 Fazit der Entwicklung der Methodik und Pflichtenheft

Mit Hilfe des menschenzentrierten Gestaltungsansatzes konnte aus den Anforderungen an eine digitale KVP-Methodik ein digitales KVP-Board entwickelt werden. Dies benötigte mehrere Iterationen bis die Grundsätze der menschenzentrierten Gestaltung vollständig umgesetzt werden konnten. Auch wurden die Anforderungen nicht einmalig definiert und dann in ein Pflichtenheft zur anschließenden Umsetzung überführt, sondern iterativ erarbeitet. Anhang A.11 gibt einen Überblick über die final umgesetzten Elemente in Form des abschließenden Pflichtenhefts (PH).

Die zentrale Erkenntnis der Entwicklung ist, dass weniger die technische Leistungsfähigkeit eines Systems, sondern vielmehr eine ansprechende und sofort nachvollziehbare Nutzerführung ein wichtiges Kriterium zum effektiven Einsatz eines digitalen Systems bedeutet. Durch die Beseitigung von Bedienhindernissen, steht das digitale KVP-Board an dieser Stelle nun für einen produktiven Einsatz zur Verfügung und soll im folgenden Kapitel anhand der in Kap. 3 definierten Hypothesen evaluiert und validiert werden.

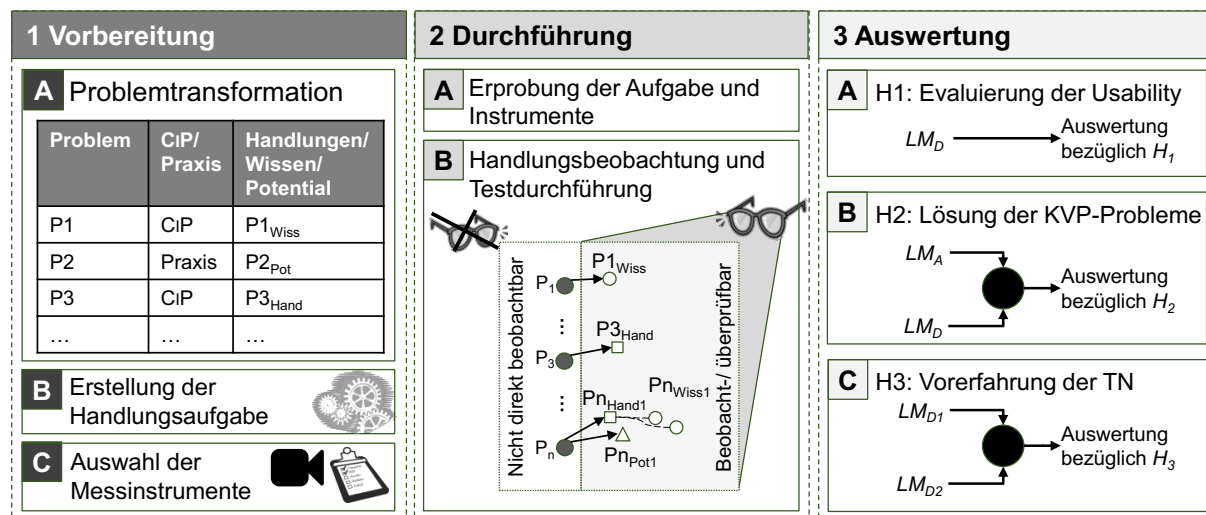


## 5 Evaluierung und Validierung des digitalen KVP-Boards

Im Folgenden soll nun die Usability des KVP-Boards evaluiert, als auch die Validierung der Hypothesen (vgl. Kap. 3.1) vorgenommen werden. Dies erfolgt anhand einer Laborstudie in der Umgebung der Prozesslernfabrik CiP. Als Lernfabrik bildet sie dabei einen Ort des arbeitsorientierten Lernens [ABEL07], was sie von der echten Produktionsumgebung einer realen Fabrik entkoppelt und damit den TN die Möglichkeit gibt, den neuen KVP-Ansatz in einer Produktionsumgebung zu testen; gleichzeitig müssen aber keine Kompromisse in Bezug auf die Arbeitsunterbrechung in einer echten Produktionsumgebung eingegangen werden. Validierung und Evaluierung werden im Rahmen eines Lernmoduls (LM) *System zur zielorientierten kontinuierlichen Verbesserung* durchgeführt, welches Teil des regulären Curriculums der CiP ist [PTW19]. Die eigentliche Messung erfolgt dabei vor und nach der Durchführung des LM (Pre und Post) und während die TN eine KVP-Situation in der Produktion der Lernfabrik bearbeiten.

Das von TISCH et al. vorgeschlagene Vorgehen zur kompetenzorientierten Gestaltung und Evaluierung von LM, wird modifiziert, um es auf die Situation der problemorientierten Validierung anwenden zu können [TISC16]. In dem Vorgehen wird der Problematik Rechnung getragen, dass Kompetenzen nicht selbst beobachtet werden können, sondern sich in anderen Elementen wie messbarem Wissen oder beobachtbaren Handlungen manifestieren (vgl. Kap. 2.3.1.1). Die Handlungsfähigkeit in unbekannten Situationen zeichnet eine Kompetenz aus. So können Probleme gelöst werden, die nach DÖRNER eine unbekannte Barriere zwischen einem bekannten Anfangs- und einem bekannten Endzustand bilden [DÖRN79]. Wenn also in Wissen und Handlungen Kompetenzen abgebildet werden, können durch diese auch die Lösungsfähigkeit eines Individuums bezüglich eines Problems nachgewiesen werden.

Wie Abb. 52 zeigt, wird dazu ein Vorgehen aus den Phasen *Vorbereitung*, *Durchführung* und *Auswertung* verwendet: In der *Vorbereitungsphase* werden die Probleme nach ihrer Messbarkeit in der Umgebung der Lernfabrik und in der realen Praxis eines Unternehmens aufgeteilt. Probleme, die in der Lernfabrik validiert werden sollen, werden „beobachtbare, praxisrelevante Handlungen, die auf [das] zugrundeliegende [Problem] schließen lassen bzw. die zu erwarten sind, zugeordnet“ [TISC18]. Außerdem erhalten die Probleme bei Bedarf Wissens Elemente, die mit dem entsprechenden Problemelement korrespondieren (vgl. Kap. 5.1). Des Weiteren wird eine Handlungsaufgabe definiert, die den kontextuellen Rahmen der *Durchführungsphase* bildet und sich aus den oben definierten Handlungen ergibt. Außerdem werden die Messinstrumente ausgewählt.



**Abb. 52: Vorgehen zur problemorientierten Validierung des KVP-Boards (basierend auf [TISC14], [HAMB15c])**

Der anschließenden Phase der *Durchführung* wird eine Erprobung vorangestellt, die zum Testen und gegebenenfalls Verbessern der Messinstrumente und des Validierungs-Settings dienen (vgl. Kap. 5.2.1). Die Datenaufnahme erfolgt anhand einer *Methodentriangulation* [FLIC11], die durch eine Kombination von Beobachtungen während der Untersuchung in der CiP, als auch schriftlichen Befragungen vor und nach der Untersuchung, sichergestellt wird. Dabei wird das LM sowohl mit Einsatz der digitalen KVP-Methodik ( $LM_D$ ), als auch ohne diese ( $LM_A$ ) durchgeführt. Außerdem wird das LM sowohl mit TN durchgeführt, die bereits eine KVP-Vorerfahrung durch den vorherigen Besuch eines KVP-LM in der CiP besitzen ( $LM_{D2}$ ), als auch ohne Vorerfahrung ( $LM_{D1}$ , vgl. Abb. 53 und Kap. 5.2.2). In der *Auswertephase* werden die einzelnen Datenerhebungsinstrumente schließlich statistisch ausgewertet und ein Vergleich der unterschiedlichen LM vorgenommen (vgl. Kap. 5.3).

LM	Vorkenntnisse der TN	LM Inhalt	Datenerhebungsinstrumente
$LM_A$	Keine vorherige WS-Teilnahme in der Prozesslernfabrik CiP zum Thema KVP	KVP Typ C-Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wissenstest</li> <li>Handlungsbeobachtung</li> </ul>
$LM_{D1}$	Vorherige WS-Teilnahme in der Prozesslernfabrik CiP zum Thema KVP	Digitale KVP-Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wissenstest</li> <li>Handlungsbeobachtung</li> <li>Evaluationsbefragung</li> <li>Theoretische Potentialbefragung</li> </ul>
$LM_{D2}$			

**Abb. 53: LM-Durchführung und Vorerfahrung der TN**

## 5.1 Vorbereitung

Im Folgenden werden nun die Schritte zur Vorbereitung der Laborstudie beschrieben; diese setzen sich aus der Problemtransformation, der Gestaltung der Handlungsaufgabe, der Auswahl geeigneter Datenerhebungs- und Auswerteinstrumente zusammen.

### 5.1.1 Problemtransformation

Um den Umfang der Problemlösung zu messen, müssen diese bewertbar sein. Dazu kommen – je nach Problemstellung – Handlungsbeobachtungen (*Hand*), Wissenstests (*Wiss*) und Befragungen nach dem Potential des KVP-Boards (*Pot*) oder eine Kombination dieser zum Einsatz (vgl. Abb. 52, S. 108). Am Beispiel des Problems *P3 (Vorgabe der KVP-Maßnahmen und Lösungen durch Führungskräfte)* bedeutet dies, dass die Problemhandlung *P3<sub>Hand</sub>* die Situation beschreibt, dass ein Coach einem Coachee eine Vorgabe macht, welche Tätigkeiten dieser im Rahmen des KVP umzusetzen hat. Ein Kompetenzerwerb beim Coachee findet so nicht statt (vgl. Kap. 2.4.1, P3). Eine Handlung in der das Problem nicht auftritt, wäre entsprechend des Verhaltens nach *TP3 (Coaching Unterstützung)*: Der Coach bietet dem Coachee durch Fragen Unterstützung beim Finden eines Hindernisses bzw. dem Lösen eines identifizierten Problems an, macht aber keine Vorgaben (vgl. Kap. 4.4.1.5 und Anhang A.5).

Diese beiden archetypischen Handlungen werden in *Verhaltensankern* gestuft, um einen besseren prozessdiagnostischen Zugang, also ein besseres Verständnis über das Gesamtniveau des KVP zu erhalten, da sich dieses aus mehreren Problemen und somit Handlungen zusammensetzt [HAMB16a]. Ein Verhaltensanker „ist eine sachlich formulierte Beschreibung eines beobachtbaren Verhaltens, das dem Beobachter zeigt, ob eine Kompetenz vorhanden bzw. wie ausgeprägt sie ist“ [GRAF17]. Die Anker werden dazu in aufsteigender Güte formuliert, wobei Stufe 1 die Fehlhandlung (*V1*), Stufe 2 eine erkennbare Anfangsverbesserung (*V2*), Stufe 3 eine fortgeschrittene Entwicklung (*V3*) und Stufe 4 schließlich die oben beschriebene Handlung beschreibt, in der das Problem nicht mehr auftritt (*V4*). Die Verhaltensanker werden dabei ex post nach dem Durchführen mehrerer KVP-LM im Zeitraum 2012–2015<sup>59</sup> erstellt [HAMB15c], [HAMB16a]. Zusätzlich wird bei den Problemstellen, die auf eine Wissenslücke schließen lassen, ein Wissenstest eingesetzt, in dem problemspezifisches Wissen abgefragt wird. Diese Wissenstests werden ex ante durch Expertengespräche entwickelt und ex post nach den oben beschriebenen LM angepasst.

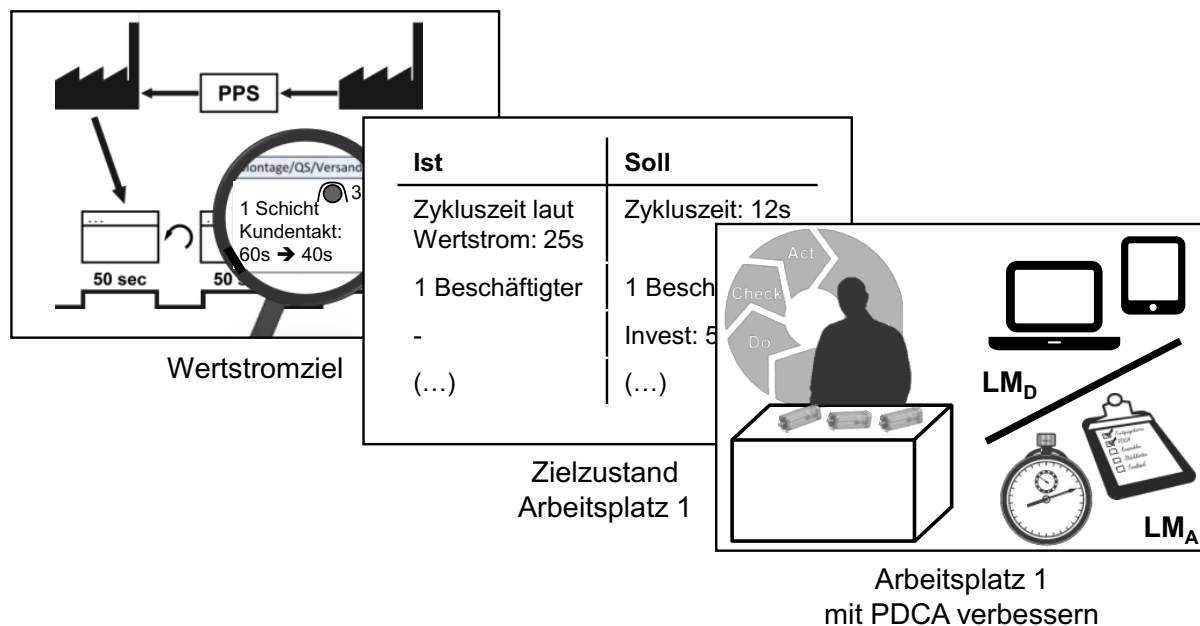
---

<sup>59</sup> Diese wurden in dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt *Lernkonzepte für eine wandlungsfähige Produktion* (Projektnummer 220204719) durchgeführt [DEUT17].

Bei KVP-Problemen, die in der Laborumgebung der CIP als nicht beobachtbar eingestuft wurden, weil sie auf langfristige Verhaltensänderungen oder unternehmensspezifische Rahmenbedingungen abzielen, die in der CIP zwar vorgegeben werden können, aber damit ergebnisverfälschend wirken, wird eine theoretische Potentialbefragung der TN vorgenommen, die auf Grund der Teilnahme am LM und den vorherigen Teilnahmen am KVP-LM eine Abschätzung zwischen den beiden KVP-Ansätzen treffen sollen. Die vollständige Problemtransformation ist in Anhang A.13 dargestellt.

### 5.1.2 Erstellung der Handlungsaufgabe

Zur Erfassung der KVP-Handlungen wird für die Umgebung der CIP eine Handlungsaufgabe konstruiert. Dieses Setting ist dabei vergleichbar mit den Anforderungen, die an eine praktische Lernsituation in Lernfabriken gestellt werden. TISCH definiert für diese sechs Orientierungskonzepte, die bei der Gestaltung berücksichtigt werden müssen (vgl. Tab. 15) [TISC18].



**Abb. 54: Auszug aus dem Aufbau der Handlungsaufgabe**

Aus den Ausprägungen der Konzepte können direkt Folgen für die Handlungsaufgabe abgeleitet werden. So wird zunächst ein Prozessschritt in der Lernfabrik ausgewählt, welcher von den TN eigenständig modifiziert werden kann (*Motivation*), wofür sich die Montage der CIP anbietet; sie ist in den Gesamtwertstrom integriert und bildet nach der Fertigung mehrere Montageschritte zum Zusammenbau des Pneumatikzylinders (vgl. Abb. 34, S. 74) ab, bevor die Produkte geprüft und an die Kunden versandt werden. Die



TN nehmen die in der KVP-Methodik definierten Rollen<sup>60</sup> ein (*Aktivierung*) und müssen so für die Arbeitsplätze der Montage aus einem Wertstromziel mehrere Zielzustände erstellen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Verringerung der Zykluszeit, um eine erhöhte Nachfragemenge nach dem gefertigten Produkt zu befriedigen (*Kontextualisierung*, vgl. Abb. 54).

**Tab. 15: Konzepte zur Gestaltung von Lernsituationen und deren Konsequenz für eine Handlungsaufgabe nach [TISC18]**

Konzept	Ausprägung	Konsequenz für Handlungsaufgabe
Kontextualisierung	Abgebildete Problemsituation muss nahe an der betrieblichen Praxis sein.	Ziel ist die Verbesserung einer Zykluszeit an mehreren manuellen Montagearbeitsplätzen, die Ziele leiten sich von einem Wertstromziel ab.
Aktivierung	Systematisierung von Erschließungs-/ Erprobungsaktivitäten	Den TN werden Rollen in der Produktion zugewiesen und sie sollen diese Rollen ausfüllen.
Problemlösung	Authentische Problemsituation, mit einem Zyklus aus Planung, Ausführung und Überprüfung	Die TN arbeiten als Coach und Coachee mit ihren eigenen Routinen, die die drei Phasen jeweils beinhalten.
Motivation	Eigenständige, unmittelbare Anwendung	Die identifizierten Verbesserungsmaßnahmen müssen technisch umgesetzt werden.
Kollektivierung und Selbstregulierung/-steuerung	Gruppenarbeit	Bei der Erstellung der Zielzustände und der Prozessverbesserung müssen Coach und Coachee zusammenarbeiten, um sich gegenseitig den jeweils nächsten Schritt zu ermöglichen.
Alternierung des Denkens und Tuns	Alternierung von Denk- und Handlungsprozessen, um träges Wissen und blinden Aktionismus zu vermeiden.	Während der Prozessverbesserung müssen die Maßnahmen immer wieder auf ihre Wirksamkeit überprüft werden; die TN müssen sich jeweils nach der Veränderung des Prozesses auf eine neue Ist-Situation einlassen.

<sup>60</sup> Die Rolle des Wertstrom-Managements wird durch den Moderator übernommen.

Vor Beginn der Handlungsaufgabe werden die Coachees in die Montage eingewiesen. Die Coaches wiederum erhalten eine Einführung in den Gesamtwertstrom der CIP und die durch das Wertstrom-Management vorgegebenen Ziele. Coach und Coachee müssen daher in der darauffolgenden Handlungsaufgabe eng zusammenarbeiten, um einen für beide tragfähigen Zielzustand zu erreichen (*Kollektivierung und Selbstregulierung/-steuerung*). Beide arbeiten – unterstützt durch das digitale KVP-Board – in ihren eigenen TP (*Problemlösung*), die in der Rolle des Coachee mehrfach durchlaufen werden muss, um das Ziel der Handlungsaufgabe zu erreichen; dabei muss eine umgesetzte Lösung immer wieder bezüglich ihres Nutzens zum Erreichen des Zielzustandes hinterfragt werden (*Alternierung des Denkens und Tuns*).

### 5.1.3 Auswahl der Messinstrumente

Im Rahmen der Datenerhebung werden eine Reihe von Instrumenten eingesetzt, die Tab. 16 in der Übersicht zeigt:

**Tab. 16: Eingesetzte Methoden der Datenerhebung in Anlehnung an [FAAT17]**

<b>Methode</b>	<b>Merkmal</b>	<b>Erhebungszeitpunkt</b>	<b>Erkenntnisinteresse</b>
Evaluationsbefragung (Eval)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schriftlich</li> <li>▪ Standardisiert</li> </ul>	Nach dem LM	Abschließende Evaluation des digitalen KVP-Boards
Wissenstest (Wiss)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schriftlich</li> <li>▪ Halb-standardisiert</li> </ul>	Vor und nach dem LM	Vergleich Wissen vor und nach LM
Handlungsbeobachtung (Hand)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Begleitend</li> <li>▪ Offen</li> <li>▪ Nicht-teilnehmend</li> <li>▪ Quantitativ</li> </ul>	Während des LM	Erfassung der Handlungen in der Handlungsaufgabe
Theoretische Potentialbefragung (Pot)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schriftlich</li> <li>▪ Standardisiert</li> </ul>	Nach dem LM	Lösungspotential der Probleme aus TN-Sicht

## 5.1.3.1 H1: Evaluierung der Usability

Die Evaluierung der Usability folgt den Kriterien nach DIN EN ISO 9241-210 [DIN06] (vgl. Kap. 2.7.2.4). Dabei wird der Fragebogen ISONORM 9241/110 [PRÜM93] in einer angepassten Form verwendet<sup>61</sup>. Mit Hilfe einer fünfstufigen intervallskalierten Likert-Skala werden negative Aussagen positiven Aussagen über die Usability gegenübergestellt<sup>62</sup>. Die Bewertungsstufen sind ++, +, 0, -, -- und drücken jeweils volle oder teilweise Zustimmung in die eine oder andere Richtung aus. In der Auswertung werden den fünf Stufen die Zahlenwerte 1–5 zugewiesen. So lautet die erste Aussage bezüglich der *Aufgabenangemessenheit*, dass „die Software [...] unkompliziert zu bedienen“ ist. Dem wird die Aussage „die Software ist kompliziert zu bedienen“ gegenübergestellt. Der vollständige Fragebogen kann Anhang A.12 entnommen werden.

Zur Vorbereitung der statistischen Untersuchung müssen die Auswertungen zunächst auf Normalverteilung geprüft werden, was mit einem *Shapiro-Wilk-Test* realisiert wird [SHAP65]. Zur Überprüfung der Signifikanz der gepaarten Stichprobe wird hier der *Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test* verwendet, da er nicht nur die Richtung der Tendenz, sondern auch seine absolute Höhe bestimmen kann und für kleine Stichproben ohne Vorgaben an die Verteilung anwendbar ist [BORT08]. Im Rahmen der Auswertung gilt für die Nullhypothese  $H1_0$ : *Im Durchschnitt bewerten die TN, dass die Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110 nicht erfüllt werden ( $\tilde{x} \leq 3$ )*.

## 5.1.3.2 H2: Lösung der KVP-Probleme

Für diese Hypothese kommen unterschiedliche Datenerhebungsinstrumente zum Einsatz, welche im Folgenden aufgeführt werden sollen.

*Wissenstest*

Ein schriftlicher Wissenstest wird eingesetzt, der vor und nach dem LM erhoben wird, um den Wissenszuwachs der TN aufzunehmen. Dieser beinhaltet sowohl offene, als auch geschlossene Fragen (halb-standardisiert) und orientiert sich an den Regeln zur Konstruktion eines guten Fragebogens, wie zum Beispiel die Vermeidung von Suggestivfragen [DÖRI16b]. Der Fragebogen basiert auf einer vorherigen Kompetenztransfor-

---

<sup>61</sup> In diesem Fall wird der Grundsatz der *Individualisierung* in der Befragung nicht berücksichtigt, weil der Fragebogen hier nur Fragen zur nutzerindividuellen Personalisierung der Oberfläche aufweist, die das KVP-Board nicht bietet. Die Individualisierung des KVP-Boards wurde während der Entwicklung nur auf die unterschiedlichen Rollen bezogen.

<sup>62</sup> Für fünf- und mehrstufige Skalen und entsprechender Eignung der Items kann eine Intervallskalierung angenommen werden [KORN10].

mation [TISC14] die im Rahmen der mehrschrittigen Evaluation des bereits angesprochenen LM *System zur zielorientierten kontinuierlichen Verbesserung* entstanden ist [HAMB16a]. Im Rahmen der Transformation konnten die Wissens Elemente, die im KVP-LM vermittelt werden sollten, identifiziert werden. Dabei wurde neben der Abfrage von reinem Sachwissen, auch ein großer Wert auf Bezugs-, Begründungs- und Professionswissen gelegt (vgl. Anhang A.14). Für richtige Antworten bei *Multiple Choice Fragen* bzw. dem Nennen von Sachverhalten bei *offenen Fragen* sind in Summe maximal 34 Punkte erreichbar. Bei der Auswertung werden die Punkte des Pre- und Post-Tests der einzelnen TN miteinander verglichen. Die Nullhypothese  $H_{20\text{WissPrePost}}$  lautet: *Die Punkteanzahl eines TN unterscheidet sich nicht zwischen Pre- und Post-Test.* Zusätzlich werden die Ergebnisse aus den Wissenstests des  $LM_A$  und der beiden  $LM_D$  gegenübergestellt. Hierfür lautet die Nullhypothese  $H_{20\text{WissLM}}$ : *Die TN im  $LM_A$  weisen im Durchschnitt eine höhere oder gleich hohe Punktezunahme zwischen Pre- und Post-Test auf, im Vergleich zum  $LM_D$ .*

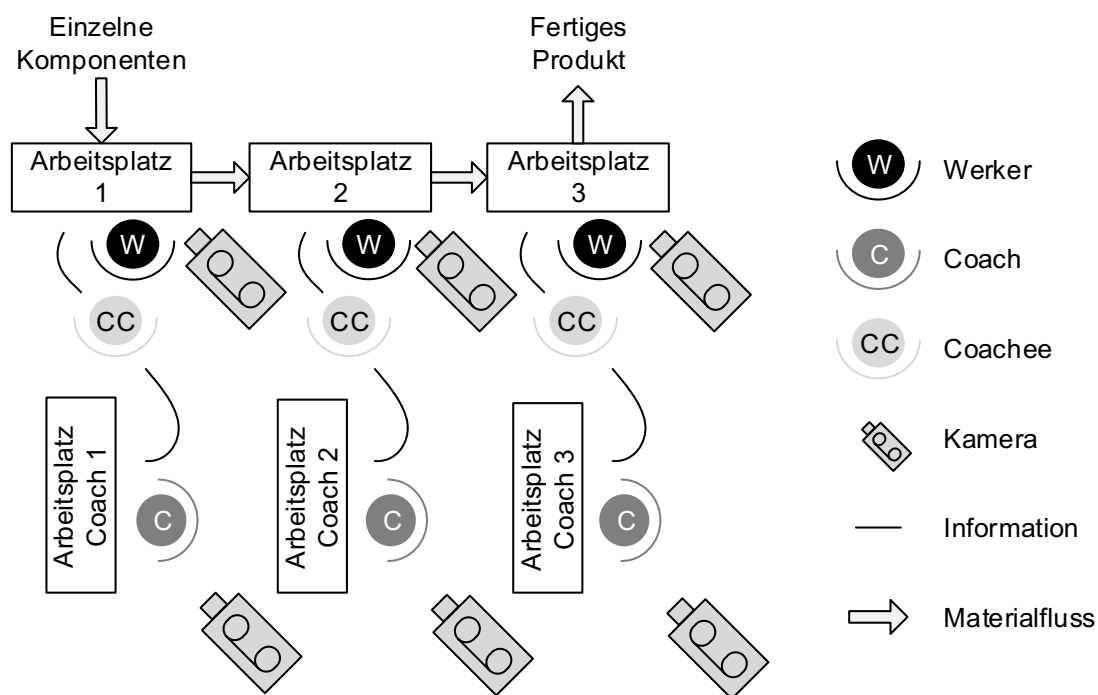
### *Handlungsbeobachtung*

Die Auswertung der TN-Handlungen erfolgt mit Hilfe eines mehrfach erprobten Videoanalyseleitfadens [HAMB15c], [HAMB16b], [HAMB16a]. Diese gehört zu den beobachtenden Verfahren und erfolgt in diesem Fall offen, das heißt den TN ist bekannt, dass sie beobachtet werden. Zwar besteht besonders bei Videobeobachtungen immer die potentielle Gefahr der „sozialen Erwünschtheit“ [DÖRI16b], also der Verhaltensänderung der TN dadurch, dass diese wissen, dass sie beobachtet werden; andererseits ergibt sich durch die Videobeobachtung eine hohe Reliabilität des Beobachtens. Die Aufzeichnung der Handlungen und erst die anschließende Analyse verhindert, dass die Beobachtenden bereits während der Datenerhebung eine Interpretation der Handlungen vornehmen [SCHN08]. Die Validität der Handlungsbeobachtung wird durch die Variation der Kameraposition ermöglicht. Wie Abb. 55 zeigt können, durch den Einsatz mehrerer Kameras, welche die Interaktionen von Coach und Coachee an den Montagearbeitsplätzen (1–3) und an den Arbeitsplätzen der Coaches aufnehmen, alle Handlungen im Laufe der Handlungsaufgabe eindeutig dokumentiert werden.

Durch die Interaktion der TN mit dem digitalen System ist außerdem notwendig, dass diese ihre Gedanken während der Eingabe verbal äußern, was durch eine reine Beobachtung nicht möglich erscheint. Aus diesem Grund wird zusätzlich die *Methode des lauten Denkens* eingesetzt, in dem TN während der Bedienung des Systems ihre Intention und den nächsten Schritt äußern [SARO06]. Da Untersuchungen zeigen, dass die TN dies

im Laufe einer umfangreicheren Übung unter Umständen vergessen<sup>63</sup>, wird empfohlen, dass der Moderator diese regelmäßig daran erinnert, allerdings ohne Hilfestellungen bei der Bearbeitung der Handlungsaufgabe zu geben [LIAP18].

Durch die große Menge an dadurch entstehendem Videomaterial, ist es notwendig ein quantitatives Analyseverfahren zu verwenden, was auch von anderen Autoren empfohlen wird [KÜHL09]. Hier kommen die Verhaltensanker zur Zuordnung von Handlungen zum Einsatz (vgl. Kap. 5.1.1); die Handlungen können so jeweils auf einer Skala von V1–V4 bewertet werden.



**Abb. 55: Positionen der Kameras in der Handlungsaufgabe [HAMB16a]**

Im Rahmen der Auswertung wird zum einen untersucht, ob alle TN das korrekte Verhalten zeigen, was einer Bewertung von V4 entspricht; falls dies nicht der Fall ist, wird überprüft, ob der digitale KVP signifikant besser als der analoge KVP durchgeführt wird. Dazu muss wie oben mit Shapiro-Wilk ein Test auf Normalverteilung durchgeführt werden. Zur Auswertung, ob es einen Zusammenhang zwischen der Art des KVP und der Güte der Handlungen gibt, muss ein Test zur Unabhängigkeit von zwei stochastischen Variablen verwendet werden; hierzu wird der *Chi-Quadrat-Test* eingesetzt [HELL11]. Für Hypothesen, die durch die Handlungsbeobachtung bestätigt werden sollen (vgl. Anhang A.1), lauten die Nullhypothesen  $H_{20\text{ Hand}}$ : *Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Art des KVP und dem Lösungsniveau einer Handlung.*

<sup>63</sup> Die Vorstudie der Handlungsaufgabe zeigt, dass diese in etwa 90 min. gelöst wird (vgl. Kap. 5.2.1).

Da mehrere Rater ( $n = 3$ ) an der Auswertung der Daten beteiligt werden, muss verhindert werden, dass diese die Bewertungsergebnisse und Neutralität der Auswertung beeinflussen [OBER18]. Dies wird zum einen dadurch verhindert, dass jedem Rater eigene Handlungen zugewiesen und diese über alle TN bewertet werden. Im Rahmen der Messung der Beurteilerübereinstimmung ist daher nur relevant, ob es systematische Verschiebungen zwischen den Ratern gibt<sup>64</sup>. Als objektives Messkriterium für diese Art von Fehlern wird die *Intraklassenkorrelation* verwendet [WIRT02]. Dabei bildet der *Intra-klassen-Korrelationskoeffizient* (Intra-Class-Correlation, ICC) die zugehörige Messgröße. Bei einem  $ICC = 1$  ist die Varianz der Rater bezogen auf den Beobachtungsgegenstand sehr klein; das bedeutet, dass die unterschiedlichen Rater zur selben Bewertung kommen. Ziel ist ein  $ICC \geq 0,6$  [CICC94]. Je nach Fragestellung werden mehrere ICC-Typen unterschieden; im vorliegenden Fall wird der ICC-Typ  $ICC(3)$  nach der Konvention von MCGRAW und WONG ausgewählt [MCGR96]<sup>65</sup>.

### *Theoretische Potentialbefragung*

Mit einer Potentialbefragung nehmen die TN die Rolle von Experten ein, die sich direkt in Anschluss an das LM in ihre eigene betriebliche Situation hineindenken und für diese das Potential der KVP-Methodik bewerten sollen [SCHM16]. Die Befragung bietet den TN die Möglichkeit eine Tendenz bezüglich der Probleme abzugeben, die nicht durch die Handlungsaufgabe direkt abgeprüft werden. Dazu werden den TN in einem standardisierten schriftlichen Test verschiedene Aussagen bezüglich der KVP-Probleme vorgelegt. Durch die oben beschriebene beidseitig zweistufige Skala (vgl. Kap. 0) können die TN bewerten, ob das Problem aus ihrer Sicht eher durch die digitale KVP-Methodik (+, ++), durch einen althergebrachten KVP-Ansatz (-, --) oder durch beide Ansätze gleich gut gelöst werden kann (0). Der dazu verwendete Fragebogen befindet sich in Anhang A.15. Die Auswertung folgt Kap. 0. Für Hypothesen, die durch die Potentialbefragung bestätigt werden sollen (vgl. Anhang A.1) lauten die Nullhypothesen  $H_{20 Pot}$ : *Ein Problem wird nur durch den analogen KVP oder beide Ansätze gleich gut gelöst* ( $\tilde{x} \leq 3$ ).

#### 5.1.3.3 H3: Vorerfahrung der Teilnehmenden

Bei der Analyse der Vorerfahrung der TN werden die Datenerhebungen – neben der Auswertung nach H1 und H2 – ein weiteres Mal bezüglich  $LM_{D1}$  und  $LM_{D2}$  analysiert

<sup>64</sup> Beispielsweise wäre es möglich, dass ein Rater grundsätzlich zu „positiv“ bewertet.

<sup>65</sup> Es werden nicht alle Handlungen von allen drei Ratern bewertet und die Mittelwerte der Rater werden miteinander verglichen, da sie nicht dieselben Handlungen bewerten [WIRT02].

(vgl. Abb. 53, S. 108). Ziel ist es aufzuzeigen, dass die Vorerfahrung der TN im KVP keine Rolle bei der Bewertung spielt und dieser daher für unterschiedlich erfahrene Nutzer geeignet ist. Die Nullhypothesen  $H3_0$  lauten jeweils: *Das Auswertergebnis einer Datenerhebungsmethode ist abhängig davon, ob ein TN Vorerfahrung ( $LM_{D2}$ ) oder keine Vorerfahrung ( $LM_{D1}$ ) im KVP hat.*

## 5.2 Durchführung

Die Durchführungsphase der Evaluierung setzt sich aus einer Erprobung und der tatsächlich Laborstudie zusammen. Diese werden im Folgen erläutert.

### 5.2.1 Erprobung der Aufgabe und Instrumente

Zum Testen des LM für die digitale KVP-Methodik wurde das KVP-LM im Juni 2018 mit  $n = 8$  Studierenden durchgeführt. Dabei lag der Fokus auch auf dem Testen der Datenerhebungsinstrumente und des Auswerteleitfadens. Dabei konnten wichtige Erkenntnisse erlangt werden, die in dem folgenden Kap. 5.2.2 umgesetzt wurden. Dazu gehören unter anderem:

- Bessere Vorbereitung der Tablets, um Login und WLAN-Probleme in der CIP zu verhindern und Ablageflächen für diese während der Handlungsaufgabe,
- ausführliche Einführung in die Rolle des Coaches, welcher den KVP-Prozess initiieren soll,
- Einsatz eines Simulationsspiels schon während des LM, um die Verwendung des digitalen KVP-Boards vorher zu üben,
- Verwendung einer vereinfachten fünfstufigen LIKERT-Skala mit einer klaren Mitte und jeweiligen Ausprägungen in beide Richtungen (vgl. Kap. 0 und 5.1.3.2),
- Einführung des *lauten Denkens*, um die Handlungen der TN bei der Dateneingabe besser nachvollziehen zu können und schließlich
- weiteres Training der Rater zur besseren Normierung der Beobachtungen und Einführung einer Messgröße für die Intercoderreliabilität (vgl. Kap. 5.1.3.2).

### 5.2.2 Handlungsbeobachtung und Testdurchführung

Im September 2018 wurde das LM zweimal mit TN aus der Industrie ohne und mit KVP-Vorerfahrung durchgeführt ( $LM_{D1}$  und  $LM_{D2}$ ). Außerdem wurde entschieden ein bereits 2015 durchgeführtes KVP-LM als Vergleich zu verwenden ( $LM_A$ ), da in diesem bereits der in Kap. 5.1.3.2 beschriebene Wissenstest durchgeführt wurde und ebenfalls entsprechende Videoaufzeichnungen der Handlungsaufgabe vorliegen. Die LM unterscheiden sich in der Form darin, dass in  $LM_{D1}$  und  $LM_{D2}$  anstelle eines analogen KVP-

Ansatzes nach Typ C, in der Handlungsaufgabe das digitale KVP-Board verwendet wird. Allerdings werden auch in diesen LM<sub>D</sub> die analogen Formblätter aus diesem vorgestellt (vgl. Abb. 15, S. 27). Das LM<sub>A</sub> dauerte zwei Tage, da in diesem LM besonders am zweiten Tag die Einführung des KVP und die Verankerung in der Organisation fokussiert wird (vgl. Kap. 2.3.3). Das LM<sub>D2</sub> dauert hingegen nur einen halben Tag, da die TN alle bereits das analoge KVP-LM in den letzten zwei Jahren durchlaufen haben und daher mit dem Ansatz bereits vertraut sind. Der Fokus lag hier nur auf der Einführung in das digitale KVP-Board, aber nicht die zugrunde liegende Philosophie.

Insgesamt beteiligten sich  $n_1 = 6$  TN am LM<sub>D1</sub>,  $n_2 = 4$  TN am LM<sub>D2</sub> und  $n_3 = 12$  TN am LM<sub>A</sub>; in Summe stehen so  $n_{gesamt} = 22$  Datensätze für die Auswertung zur Verfügung. Diese stammen aus 14 Unternehmen der diskreten und kontinuierlichen Produktion, wobei sowohl Einzel-, als auch Massenfertigung vertreten waren. Die TN besetzen in diesen Unternehmen Rollen in der direkten Produktion, der produktionsnahen und -fernen Führungsebene. Zusätzlich stammen die TN aus Stabsstellen wie der Qualitätssicherung, des Verbesserungswesens und Unternehmensexzellenz (vgl. Abb. 33, S. 72).

### 5.3 Auswertung

Im Folgenden werden die Handlungsaufgaben ausgewertet und die Ergebnisse aus den drei Laborstudien vorgestellt, wobei ebenfalls Aussagen über ihre Signifikanz getroffen werden. Die Ergebnisse sollen abschließend in Kap. 5.4 diskutiert werden.

#### 5.3.1 H1: Evaluierung der Usability

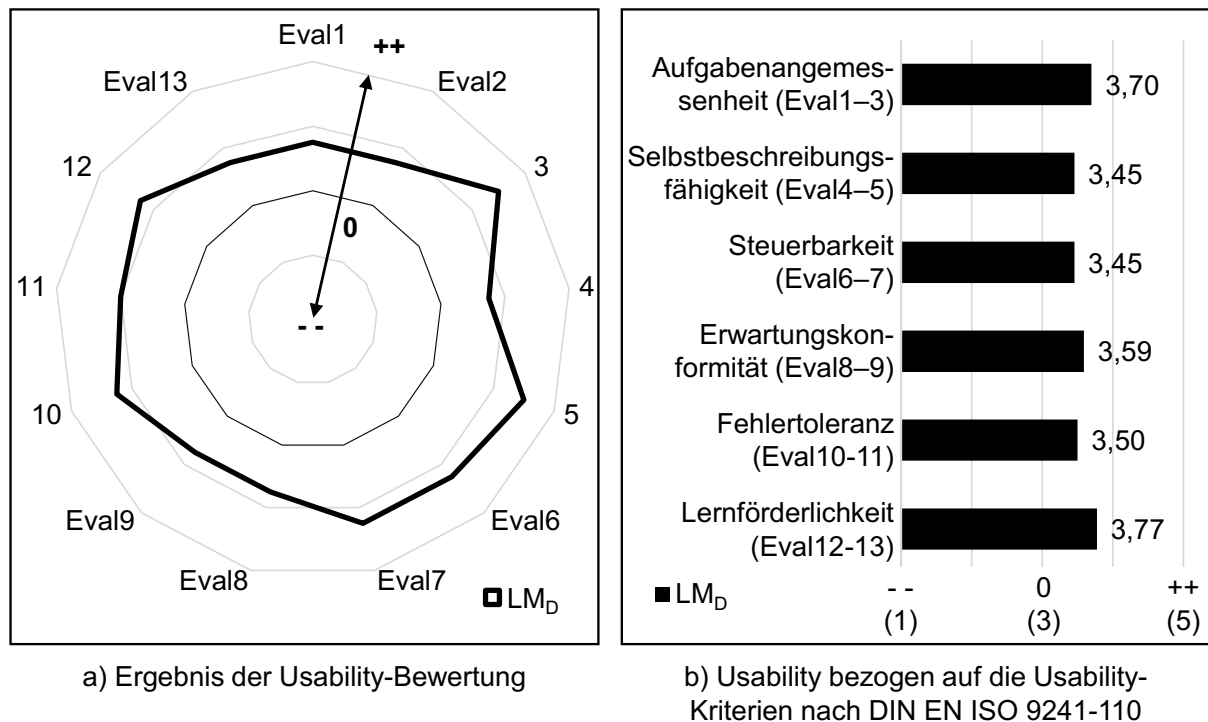
Bei der Auswertung der Usability-Befragung anhand der LM<sub>D</sub> zeigt sich zunächst ein sehr positives Bild für das digitale KVP-Board. Wie Abb. 56 (a) zeigt, bewerten die TN die Usability des KVP-Board in allen Aspekten positiv. Auch bei der Auswertung über die einzelnen Grundsätze ergibt sich ein positives Bild (vgl. Abb. 56 b).

Da der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass die vorliegenden Bewertungen nicht normalverteilt sind, kann der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zur Überprüfung der statistischen Signifikanz herangezogen werden. Die Nullhypothese aus Kap. 0 wird mit einer Entdeckungswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  abgelehnt ( $p = 0,0008$ )<sup>66</sup>. Damit ist die grundsätzliche Aussage, dass die Usability positiv bewertet wird, signifikant.

---

<sup>66</sup> Hier und im Folgenden gilt eine Entdeckungswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$ .



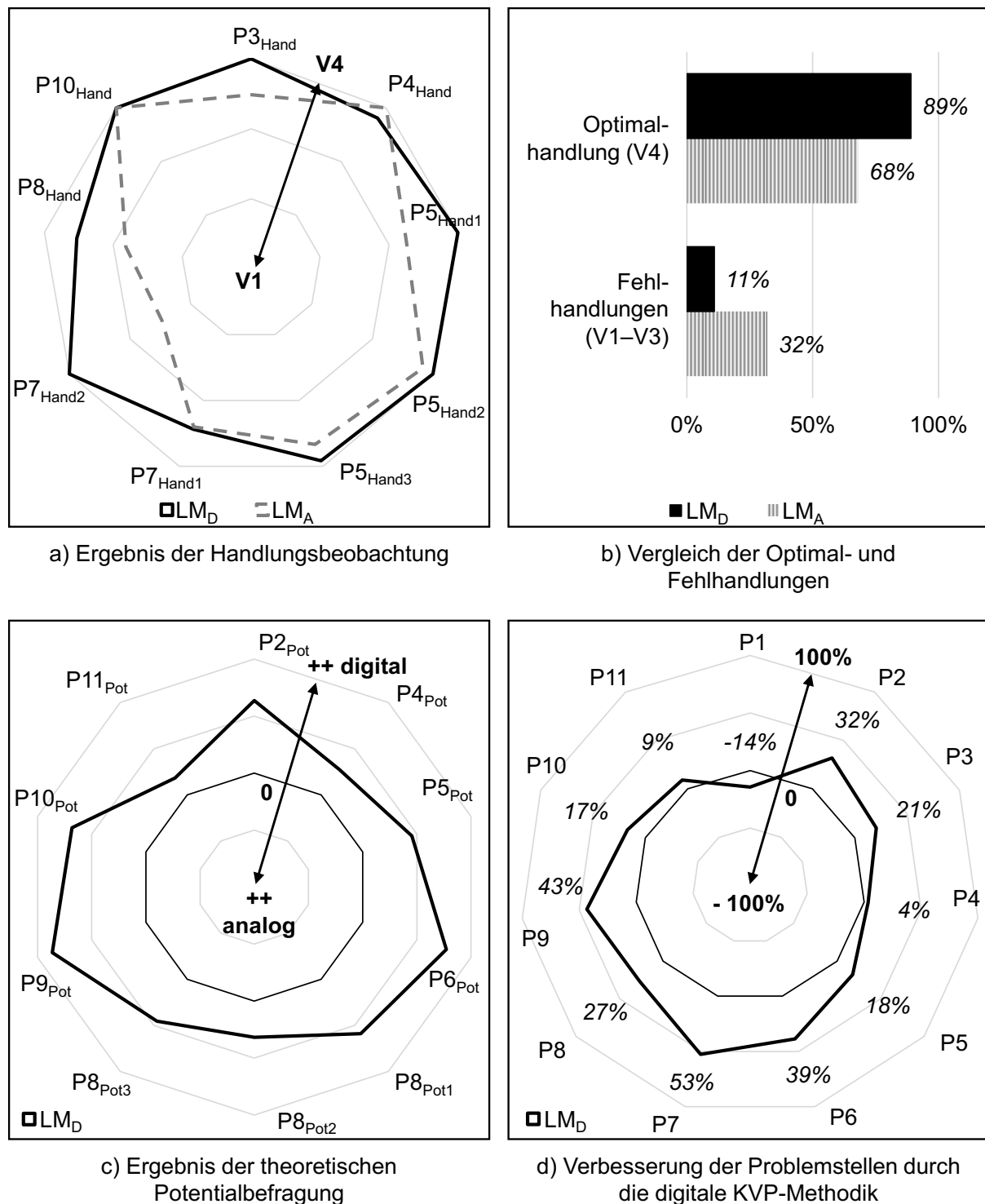
Abb. 56: Ergebnisse der Usability Evaluierung<sup>67</sup>

### 5.3.2 H2: Lösung der KVP-Probleme

Bei der Auswertung der Handlungsbeobachtung im LM<sub>A</sub> und den LM<sub>D</sub> kann zunächst festgestellt werden, dass die Rater mit  $ICC(3) = 0,611$  bei hoher Signifikanz ( $p = 0,0313$ ) eine gute Reliabilität aufweisen. Die Aussagen aus der Handlungsbeobachtung sind daher vertrauenswürdig. Im Folgenden soll die Auswertung der Probleme einzeln betrachtet werden.

Das Problem *P1 (Wissen über Philosophie, Ziele und den unternehmensinternen Ablauf des KVP)* wird mit dem Wissenstest  $P1_{Wiss}$  adressiert. Dabei zeigt sich beim digitalen KVP allerdings keine signifikante Veränderung des Wissensniveaus ( $p = 0,265$ ). Da es bei den TN des analogen LM<sub>A</sub> allerdings zu einer signifikanten Zunahme des Wissens kommt ( $p = 0,004$ ), kann davon ausgegangen werden, dass weniger die KVP-Methodik, sondern eher der Umfang des Trainings der TN einen Einfluss auf das Wissensniveau hat, da das LM<sub>A</sub> insgesamt eine Dauer von zwei Tagen und die beiden LM<sub>D</sub> jeweils nur einen bzw. einen halben Tag dauerten.

<sup>67</sup> Die Aufschlüsselung der Evaluierungsfragen ist in Anhang A.12 aufgeführt.



**Abb. 57: Ergebnisse der Lösung der KVP-Probleme<sup>68</sup>**

*P2 (standardisierte Abläufe und Routinen im KVP) wird anhand des Instruments  $P2_{Pot}$  ausgewertet. Dabei bewerten die TN den digitalen KVP signifikant ( $p = 0,008$ ) besser (vgl. Abb. 57 c). Für  $P3$  (Vorgabe der KVP-Maßnahmen und Lösungen durch Füh-*

<sup>68</sup> Die Aufschlüsselung der Handlungen und der Potentialbefragung ist in Anhang A.13 aufgeführt.

*runungskräfte*) wird die Handlung  $P3_{Hand}$  untersucht (vgl. Abb. 57 a). Diese wird im digitalen KVP optimal ausgeführt, der Unterschied zum analogen KVP – der ein etwas niedrigeres Niveau aufweist – ist dabei nicht signifikant ( $p = 0,853$ ); das Problem kann aber im digitalen KVP komplett vermieden werden.

Die Untersuchung zu  $P4$  (*Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Führungskräften und Beschäftigten*) zeigt zunächst, dass sowohl bei  $P4_{Hand}$ , als auch  $P4_{Pot}$  keine signifikanten Unterschiede zwischen den KVP-Arten beobachtet und wahrgenommen werden können ( $p = 0,136$  und  $p = 0,521$ ). Obwohl die Handlungen auf einem sehr hohen Niveau ausgeführt werden, lässt sich aus der Potentialbefragung erkennen, dass es nur eine leichte Verbesserungstendenz durch den digitalen KVP gibt.

$P5$  (*Bearbeitung von Verbesserungspotentialen und Maßnahmen*) setzt sich aus mehreren Handlungen und einer Potentialbefragung zusammen. Dabei weisen sowohl  $P5_{Hand1}$ , als auch  $P5_{Hand2}$  ein optimales Handlungsniveau im digitalen KVP auf, dieses ist bei  $P5_{Hand1}$  auch signifikant höher als im analogen KVP ( $p = 0,014$ ).  $P5_{Hand3}$  ist zwar auf einem hohen Niveau, verpasst die Optimalhandlung bei allen TN aber leicht. Der Unterschied zum analogen KVP ist zwar vorhanden, aber nicht signifikant ( $p = 0,34$ ).  $P5_{Pot}$  ergibt schließlich eine signifikante Tendenz zur Verbesserung durch den digitalen KVP ( $p = 0,001$ ). Es lässt sich also sagen, dass im digitalen KVP die Hindernisse einzeln adressiert und durchgängig mit Experimenten überprüft werden, bevor diese final umgesetzt werden. Auch kann die zeitnahe Ursachenanalyse besser realisiert werden. Das Problem  $P6$  (*Stabilisieren und Standardisieren von Verbesserungsmaßnahmen*) wird durch die Befragung  $P6_{Pot}$  bewertet und erreicht ein signifikantes Niveau ( $p = 0,001$ , vgl. Abb. 57 c); es kann daher als gelöst angesehen werden.

Die beiden Handlungen  $P7_{Hand1}$  und  $P7_{Hand2}$  dienen zur Analyse von  $P7$  (*Aufgabenverteilung und Rollendefinition*). Dabei wird  $P7_{Hand2}$  bei allen TN optimal durchgeführt; im analogen KVP wird die Handlung signifikant schlechter ausgeführt ( $p = 0,005$ ). Diese Handlung beschreibt den Ablauf der Verbesserungsroutine durch den Coachee, der im digitalen KVP – durch die Assistenzfunktion – optimal durchgeführt wird.  $P7_{Hand1}$  beschreibt analog dazu die Verwendung der Coachee Unterstützung durch den Coach (TP3 aus Kap. 4.4.1.5). Allerdings lässt sich hier weder eine Optimalhandlung noch eine Verbesserung zum analogen KVP herstellen ( $p = 0,93$ ).  $P7$  kann daher nur teilweise in Bezug auf den Coachee als gelöst angesehen werden. Die Unterstützung für den Coach ist hingegen nicht ausreichend.

Die Untersuchung bezüglich  $P8$  (*Standardisierte Dokumente und Formblätter*) zeigt ein differenziertes Bild. Zwar wird der digitale KVP in den Befragungen  $P8_{Pot1}$ ,  $P8_{Pot2}$  und

$P8_{Pot3}$  von den TN präferiert und als Lösung für das Problem gesehen. Nur zwei Ergebnisse ( $P8_{Pot1}$  und  $P8_{Pot3}$ ) sind aber auch signifikant ( $p = 0,01$  und  $p = 0,02$ ). In der Handlungsbeobachtung  $P8_{Hand}$  werden die Handlungen mit dem digitalen KVP zwar besser bewertet (vgl. Abb. 57 a), aber der Unterschied zur analogen Bewertung ist nicht signifikant ( $p = 0,17$ ). Daher kann  $P8$  nur in Bezug auf die einfachere Verteilung von Wissen in der Organisation und die Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit bei der Dokumentation als gelöst angesehen werden. Bezüglich der grundsätzlichen Handhabung der Dokumentation und der Nutzung dieser für den eigenen Wissenserwerb ist dies nicht der Fall, auch wenn die Tendenz eindeutig in Richtung des digitalen KVP zeigt.  $P9$  (*Messbarkeit des KVP-Erfolgs*) kann als gelöst angesehen werden, da es bei  $P9_{Pot}$  zu einem signifikanten Ergebnis kommt ( $p = 0,001$ ). Die Verwendung von  $P10_{Hand}$  und  $P10_{Pot}$  bei  $P10$  (*Zieldefinition*) zeigt zum einen eine optimale Handlung der TN, als auch eine signifikante Präferenz ( $p = 0,003$ ) für den digitalen KVP, was zur Lösung von  $P10$  führt. Bei  $P11$  (*Aufbau und Pflege des KVP-Systems*) weist  $P11_{Pot}$  eine Tendenz Richtung des digitalen KVP auf, ist aber nicht signifikant ( $p = 0,482$ ). Daher kann  $P11$  nicht gelöst werden.

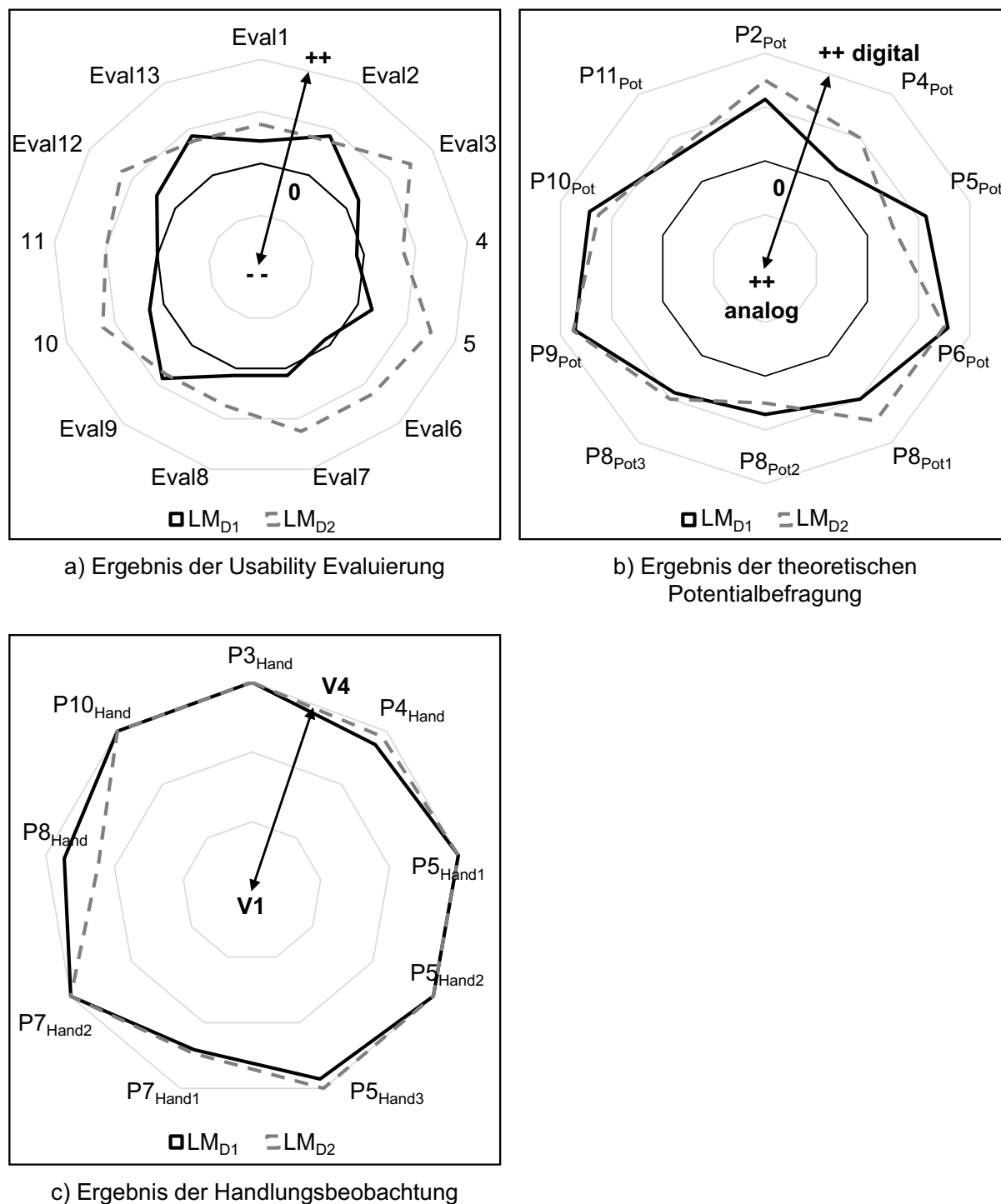
Tab. 17: Übersicht über die Teilhypothesen von H2

Nr.	Datenerhebung	Problem gelöst?	Anmerkung
P1	$P1_{Wiss}$	Nein	P1 ist nicht abhängig von der KVP-Art
P2	$P2_{Pot}$	Ja	
P3	$P3_{Hand}$	Ja	
P4	$P4_{Hand}$ , $P4_{Pot}$	Nein	P4 ist nicht abhängig von der KVP-Art
P5	$P5_{Hand1}$ , $P5_{Hand2}$ , $P5_{Hand3}$ , $P5_{Pot}$	Teilweise	Adressierung der Probleme im KVP erfolgt einzeln, Lösungen werden in Experimenten überprüft, Ursachenanalyse findet zeitnah statt.
P6	$P6_{Pot}$	Ja	
P7	$P7_{Hand1}$ , $P7_{Hand2}$	Teilweise	Verbesserung nur für den Coachee, aber nicht für den Coach feststellbar
P8	$P8_{Pot1}$ , $P8_{Pot2}$ , $P8_{Pot3}$ , $P8_{Hand}$	Teilweise	Bessere Dokumentation und einfachere Wissensverteilung
P9	$P9_{Pot}$	Ja	
P10	$P10_{Hand}$ , $P10_{Pot}$	Ja	
P11	$P11_{Pot}$	Nein	P11 ist nicht abhängig von der KVP-Art

Wie Tab. 17 in der Übersicht zeigt, tritt die Mehrzahl der Probleme in der Anwendung der digitalen KVP-Methodik nicht auf. Nur die Problemfelder des fehlenden Wissens und des Kommunikationsverhaltens sind nicht abhängig von der KVP-Art. Auffällig ist generell die deutlich höhere Anzahl an Optimalhandlungen im digitalen KVP, in dem die beschriebenen Fehler nicht auftauchen (vgl. Abb. 57 b). Vergleicht man die Verbesserung durch den digitalen KVP über alle Erhebungsinstrumente, ergibt sich Abb. 57 (d). Auch hier ist ersichtlich, dass die Beobachtungen und die Bewertungen der TN zum digitalen KVP tendieren.

### 5.3.3 H3: Vorerfahrung der Teilnehmenden

Bei der vergleichenden Auswertung der Daten von  $LM_{D1}$  und  $LM_{D2}$  kann festgestellt werden, dass diese keine maßgebliche Rolle spielt. Sowohl bei der Auswertung der Handlungsbeobachtung, als auch der Potentialbefragung gibt es im Durchschnitt zwischen TN aus  $LM_A$  und  $LM_D$  keinen Unterschied; die jeweilige Nullhypothese kann nicht abgelehnt werden ( $p = 0,763$  und  $p = 0,492$ , vgl. Abb. 58 b und c). Die grundsätzliche Aussage über die Auswertung des Wissenstests, der keine Veränderung zwischen Pre- und Posttest detektieren kann, gilt auch im direkten Vergleich zwischen  $LM_{D1}$  und  $LM_{D2}$  ( $p = 0,904$ ). Einzig in der Usability-Evaluierung gibt es einen signifikanten Unterschied ( $p = 0,0006$ ) in den Bewertungen der beiden Gruppen (vgl. Abb. 58 a). Auffällig ist hier, dass die TN mit Vorerfahrung die Usability des digitalen KVP besser bewertet haben, als die Gruppe ohne Vorerfahrung. Das digitale KVP-Board ist daher möglicherweise – trotz der vorherigen Verbesserungsschleifen (vgl. Kap. 4.4.3 und 4.4.5) – zu komplex oder kompliziert für bisher unerfahrene TN.



**Abb. 58: Ergebnisse bezüglich der Vorerfahrung der TN**

#### 5.4 Fazit der Evaluierung und Validierung

Zusammenfassend kann zunächst festgestellt werden, dass der mehrstufige Entwicklungs- und Evaluierungsprozess für das digitale KVP-Board erfolgreich abgeschlossen werden konnte (vgl. Tab. 18). Zwar bewerteten TN mit Erfahrungen im KVP das System besser als TN ohne vorherige Erfahrung, aber dies muss zusammen mit den Ergebnissen von P1 (Wissen über Philosophie, Ziele und den unternehmensinternen Ablauf des

KVP) als nachdrücklicher Hinweis für die Wichtigkeit von Trainings bei der Einführung von neuen Methoden im Unternehmen gesehen werden. Dies deckt sich auch mit den schriftlichen Kommentaren, die die TN vorgenommen haben und die sich vor allem mehr Zeit für ein noch ausführlicheres Training gewünscht haben.

**Tab. 18: Zusammenfassung der Evaluierung und Validierung**

Nr.	Hypothese	Ergebnis	Anmerkungen
H1	Die entwickelte digitale KVP-Methodik erfüllt die Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110.	Bestätigt	
H2	Die aktuellen Probleme in der Anwendung des KVP werden mit der digitalen KVP-Methodik vermindert oder vollständig gelöst.	Teilweise bestätigt	P1, P4, P5, P7, P8, P11 nicht oder nicht vollständig gelöst
H3	Die Bewertung der digitalen KVP-Methodik Systeme ist unabhängig von den Vorerfahrungen die Nutzer mit dem KVP haben.	Teilweise bestätigt	Usability-Bewertung wird von erfahrenen KVP-Anwendern höher bewertet

Bezogen auf die identifizierten KVP-Probleme kann etwa die Hälfte vollständig und nur zwei Probleme nicht gelöst werden. In allen Problemen weist die Tendenz allerdings grundsätzlich auf die bessere Eignung für den digitalen KVP hin. Die digitale Methodik ist vor allem dann sehr hilfreich, wenn monotone Handlungen durchgeführt werden müssen (Dokumentation) oder – besonders bei Anfängern im KVP – die Benutzer eine Anleitung bei der Durchführung der Routinen benötigen. Das Setzen von Zielen, Rollen und Aufgaben im KVP ist so deutlich einfacher möglich. Auch die generelle Stärke von IT-gestützten Systemen, die in der Datenaufbereitung, -verarbeitung und -verteilung kann im KVP sehr gut ausgespielt werden, wobei die Anwendungsfreundlichkeit des Systems einen wichtigen Beitrag leistet.

Zwar wurde die Untersuchung nur in einer Anwendungsumgebung erprobt, diese wurde in der Vergangenheit allerdings schon für eine Reihe anderer Fragestellungen verwendet [CACH13], [HAMB16b], [TISC18]; sie bietet Möglichkeiten der Veränderung der Arbeitsumgebung durch die TN im laufenden KVP, die andersorts so nicht abbildbar sind. Das Auswertinstrument für die Handlungsbeobachtung erweist sich als sehr gut geeignet, was auch statistisch gestützt werden kann. Von der Usability-Bewertung abgesehen, zeigt die Untersuchung, dass das System auch für Personen mit unterschiedlichen Kenntnissen über den KVP geeignet ist; dies ist gerade wegen der unterschiedlichen Rollen der Methodik eine sehr wichtige Erkenntnis.





## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Arbeit zunächst zusammengefasst und ein Fazit der Arbeit gezogen werden, bevor darauf basierend Anregungen für weitere Forschungsansätze gebildet werden.

### 6.1 Zusammenfassung

Effiziente Prozesse, fähige Beschäftigte und innovative Produkte sorgen mehr noch als reine Kostenvorteile für eine hohe Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Wie die vorliegende Arbeit zeigt, wird zur Adressierung der beiden erstgenannten Aspekte das Konzept des KVP eingesetzt. Damit werden Verbesserungsprozesse in Unternehmen initiiert und die Beschäftigten zielgerichtet weiterentwickelt. Untersuchungen zeigen allerdings, dass eine Reihe von Unternehmen Probleme mit dem dauerhaften und erfolgreichen Einsatz des KVP haben. Die zunehmende Digitalisierung der Produktion kann für Unternehmen einen möglichen Ausweg aufzeigen. So wurden in der Vergangenheit bereits eine Reihe von Methoden der schlanken Produktion unter dem Eindruck der Industrie 4.0 weiterentwickelt und verbessert. Daher stellt sich die Frage, wie ein digitaler KVP aussehen kann und ob sich mit diesem die Probleme, die Unternehmen in der betrieblichen Praxis haben, lösen lassen (vgl. Kap. 1).

Die Untersuchung der bisherigen Forschungsarbeiten im Bereich des KVP führt zunächst zu der Erkenntnis, dass es „den KVP“ in einer allgemeingültigen Form nicht gibt. Vielmehr werden unter dem Begriff KVP eine Reihe von Methoden verstanden, die zwar alle dasselbe Ziel, aber unterschiedliche Vorgehensweisen besitzen. Basierend auf den wichtigsten Unterscheidungsmerkmalen von KVP-Systemen, werden daher drei KVP-Typen A–C zur Strukturierung des KVP vorgeschlagen. Nur im KVP vom Typ C wird das Ziel der gleichzeitigen systematischen Entwicklung von Unternehmensprozessen und Beschäftigten umgesetzt. Der KVP weist allen Beteiligten eine Rolle zu und berücksichtigt so die unterschiedlichen Hierarchieebenen, die in einem Unternehmen vorherrschen (vgl. Kap. 2.3).

Bei einer eingehenden Analyse der Probleme, die Unternehmen mit dem KVP haben, kann zwischen elf grundsätzlichen Problemen unterschieden werden. Es zeigt sich, dass diese vor allem im Bereich der zugrundeliegenden Wissensbasis über den Ablauf des KVP, der Kommunikation, der hierarchieübergreifenden Zusammenarbeit, der Standardisierung und der Zieldefinition für den KVP zu finden sind (vgl. Kap. 2.4). Basierend auf dem Konzept der Automatisierungs- und Wissenspyramide, werden im nächsten

Schritt die in Unternehmen vorkommenden IT-Systeme systematisch erschlossen. Neben bestehenden Unternehmens-Softwarelösungen, bergen vor allem neue IT-Konzepte wie AR/ VR, Unternehmens-Social-Media oder Enterprise-Gamification Potentiale für den Einsatz in einem digitalen KVP (vgl. Kap. 2.5).

Wegen der initialen digitalen Abbildung der Produktionsumgebungen ist der Aufwand bei diesen Ansätzen teilweise sehr hoch. Bestehende Softwarelösungen am Markt richten sich zum größten Teil an Unternehmen, die KVP Typ A und B Systeme einsetzen. Die untersuchten vier Lösungen für den Typ C unterstützen wiederum nicht alle Elemente des KVP wie zum Beispiel den Zugriff auf Daten aus der Produktion oder Hilfestellungen im Bereich des Coachings (vgl. Kap. 2.6).

Die Untersuchung der bisherigen Forschung zeigt somit, dass die Potentiale für eine digitale Unterstützung des KVP zwar vorhanden sind, diese allerdings bisher nicht voll ausgeschöpft werden. Dies bildet den Anlass, um eine digitale KVP-Methodik zu entwickeln, die sich am KVP Typ C orientiert und die aufgezeigten Probleme lösen soll. Dazu werden Hypothesen formuliert, die bei der Validierung der Methodik statistisch überprüft werden sollen. Die Entwicklung orientiert sich an dem menschenzentrierten Entwicklungsansatz nach DIN EN ISO 9241-210. Nutzer und weitere Stakeholder werden dabei während der Konzeption mit eingebunden, da die identifizierten Probleme vor allem im menschlichen und organisationalen Rahmen zu finden sind. Dabei folgen die Entwicklungsphasen des Vorgehens keinem streng linearen Vorgehen, sondern bieten die Möglichkeit iterativ Verbesserungspotentiale umzusetzen (vgl. Kap. 2.7).

Im Folgenden werden Anforderungen aus der geplanten Einsatzumgebung abgeleitet, die die zu berücksichtigenden Rollen aus Wertstrom-Management, Coach und Coachee und den Einsatz von bestehenden IT-Systemen in der Produktion betreffen. Die funktionalen Anforderungen an die Methodik entstehen mit Hilfe einer Delphi-Expertenbefragung; dabei bewerten die Experten in wie fern die oben beschriebenen IT-Lösungen und Konzepte die einzelnen Bestandteile des KVP unterstützen können. Im Anschluss wird in einer Breitband-Delphi-Befragung der konkrete Implementierungsaufwand für die Umsetzung der einzelnen Anforderungen definiert. Durch das Gegenüberstellen des Nutzens der Anforderungen und deren Aufwände in Form eines Knapsack Problems, können mit Hilfe eines in PYTHON programmierten Algorithmus schließlich die finalen Anforderungen an die digitale KVP-Methodik definiert werden. So werden in der Methodik unter anderem Assistenzfunktionen für die Prozessverbesserung und das Coaching, ein zentrales Wissensmanagement, eine wertstromübergreifende Zielentwicklung oder auch die Live-Datenanbindung von bestehenden Produktionsprozessen realisiert (vgl. Kap. 4.2 und 4.3).

Nach der Konzeptionierung der Methodik mit einem BPMN-Gestaltungsmodell, wird diese in einem Usability-Prototypen übertragen. In mehreren Anwendungsszenarien, die von den Testnutzern bearbeitet werden, können verschiedene Verbesserungspotentiale für die Methodik identifiziert werden. Dies gipfelt in der Entwicklung eines digitalen KVP-Boards, an dem weitere Tests durchgeführt und so ebenfalls Verbesserungen erkannt und kurzzyklisch umgesetzt wurden. Dabei stellt sich heraus, dass weniger die zugrunde liegende KVP-Methodik, sondern vielmehr das Bedienverhalten der Oberfläche kritisiert und mehrfach verbessert werden muss. Dies gilt insbesondere für die Benutzerführung und Assistenzfunktionen in den verschiedenen Phasen des KVP (vgl. Kap. 4.4).

Die anschließende Validierung und Evaluierung erfolgen mit einem handlungs- und wissensorientierten Ansatz. Das KVP-Board wird dazu in der Fertigungsumgebung der Prozesslernfabrik CIP produktiv eingesetzt und mit einem traditionellen KVP Ansatz vom Typ C verglichen. Dabei zeigt sich, dass die Nutzer die digitale KVP-Methodik in der Operationalisierung des KVP-Boards durchgängig als positive Unterstützung empfinden. Diese Bewertung wird von erfahrenen KVP-Anwendern noch einmal signifikant positiver gesehen, was auf eine hohe Praxistauglichkeit und das Schließen einer Anwendungslücke hindeutet, die aktuell in KVP-Systemen besteht. Beim Bewerten des Lösungsgrads der zuvor identifizierten Probleme zeigt sich ein grundsätzlich positives Bild: Zwar können zwei Probleme als nicht gelöst angesehen werden, knapp die Hälfte der Probleme kann allerdings verhindert und ein weiteres Viertel teilweise verhindert werden. Wie vermutet, unterstützt der digitale KVP die Anwender vor allem im Bereich der systematischen Zielentfaltung, Standardisierung, Erfolgsmessung und assistierten Führung – vor allem für bisher nicht erfahrene Anwender. Die Methodik ersetzt allerdings kein ausführliches Training über die innerbetrieblichen Abläufe des KVP oder mangelnden Willen zur Zusammenarbeit zwischen den Hierarchieebenen. Der digitale KVP kann beide Aspekte nur unterstützen (vgl. Kap. 5).

Bezüglich des Gesamtfazits der vorliegenden Arbeit lässt sich feststellen, dass es gelungen ist, durch die innovative Kombination von Elementen des zielorientierten KVP und verschiedenster Digitalisierungsansätze eine verbesserte digitale KVP-Methodik zu entwickeln und diese programmiertechnisch umzusetzen. Die Methodik lässt sich dabei weiter verbessern, da bisher noch nicht alle Digitalisierungselemente ausgeschöpft sind und der iterative Ansatz der menschenzentrierten Gestaltung eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Methodik ermöglicht.

## 6.2 Ausblick

Die Auswertung der Handlungsaufgabe zeigt eine positive Wirkung des digitalen KVP-Boards auf. Es stellt sich allerdings die Frage, welche weiteren Verbesserungen durch die bisher nicht umgesetzten Anforderungen realisiert werden können, um weitere Probleme zu lösen. Hier könnte besonders der von den Experten sehr positiv bewertete Einsatz von modernen Visualisierungslösungen mit VR/ AR eine große Unterstützung bieten, um die Kommunikation zwischen den verschiedenen Rollen auch standortübergreifend zu verbessern.

Das Umfeld von Lernfabriken wird für die Validierung dieser Ansätze allerdings voraussichtlich nicht ausreichend sein. Daher wäre es sinnvoll die vorgestellte bzw. erweiterte Methodik im Rahmen einer Langzeitfeldstudie im Produktionsumfeld von Unternehmen einzusetzen. Hier stößt allerdings das Instrument der Videohandlungsbeobachtung – auch aus Arbeitnehmervvertretungssicht – an seine Grenzen. Im Unternehmen würden sich hier eher eindeutig messbare Kennzahlen, die aus den KVP-Aktivitäten selbst entstehen, zur Erfolgsmessung eignen.

Dies stellt eine Möglichkeit zur Weiterentwicklung des KVP dar, indem das digitale KVP-Board mit weiteren Kennzahlen zur Messung der Verbesserungen, aber auch zur Definition von persönlichen Entwicklungszielen für den Coachee und Coach ausgestattet wird. Für den Coachee könnten so Jahresziele, die einen Einfluss auf dessen finanziellen Bonus haben, transparent und nachvollziehbar implementiert werden. Für den Coach wiederum wäre eine Bewertung durch dessen Coachees im Sinne eines Beschäftigtenfeedbacks eine relevante Kennzahl zur persönlichen Entwicklung, die anhand konkreter Coaching-Situationen besonders nachvollziehbar wäre.

Ein weiteres Entwicklungsgebiet findet sich in der Verwendung der im Rahmen der Prozessverbesserung im KVP-Board gespeicherten Daten. Diese werden im Rahmen des PDCA-Zyklus erhoben und liegen daher systematisiert vor. Es könnte eine weitere Auswertung mit, auf maschinellen Lernen basierten, semantischen Textanalysen dafür sorgen, dass aus diesen Informationen anderen Beschäftigten Vorschläge für weitere Verbesserungen gemacht werden. Durch Interaktion der Beschäftigten im entwickelten KVP-Unternehmens-Social-Network-System können diese Vorschläge sogar bewertet und verfeinert werden.

Die methodische Konkretisierung der DIN EN ISO 9241-210 im Rahmen dieser Arbeit, kann für andere Methoden oder Softwareentwicklungen als Vorgehensmodell dienen. Dies gilt insbesondere für alternative Umsetzungen der anderen KVP Ansätze. So ist insbesondere der Kern des Vorgehens: Die Bewertung von Anforderungen und anschließende Auswahl der Elemente durch die Knapsack-Optimierung, geeignet, auch in einem

anderen Kontext Entwicklungsanforderungen gegeneinander abzuwägen und zu priorisieren.

Für all dies können die in dieser Arbeit entwickelte KVP-Methodik und der dafür ausgearbeitete Gestaltungsprozess eine Grundlage bilden.



## 7 Literaturverzeichnis

- [AAMO95] Aamodt, A.; Nygård, M. (1995): Different roles and mutual dependencies of data, information, and knowledge – An AI perspective on their integration. In: *Data and Knowledge Engineering* 16 3, S. 191–222.
- [ABEL07] Abele, E.; Eichhorn, N.; Kuhn, S. (2007): Increase of productivity based on capability building in a learning factory. In: Abele, E.; Udiljak, T.; Ciglar, D. (Hrsg.): *Computer integrated manufacturing and high speed milling*. Zagreb: Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva, S. 37–41.
- [ABEL11a] Abele, E.; Cachay, J.; Wennemer, J. (2011): Kompetenzentwicklung und Mitarbeiterführung bei Verbesserungsprozessen in schlanken Produktionssystemen. In: *Industrie Management* 27 4, S. 14–18.
- [ABEL11b] Abele, E.; Brungs, F.; Cachay, J. (2011): KVP auf breiter Basis – Reaktive und proaktive Produktionsoptimierung durch tägliche Verbesserungsrouitinen. In: *VDI-Zeitung Integrierte Produktion* 153 3, S. 68–70.
- [ABEL11c] Abele, E.; Reinhart, G. (2011): *Zukunft der Produktion – Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen*, München: Carl Hanser.
- [ABEL11d] Abele, E.; Cachay, J.; Wiegel, F. (2011): Visualisierung in der Produktion als Basis ständiger Verbesserung. In: *Maschinenbau und Metallbearbeitung*, S. 12–15.
- [ABEL12a] Abele, E.; Cachay, J.; Fuchs, R.; Witecy Benedict (2012): Verbesserungsprozesse in der Produktion implementieren – Konzeptualisierung und Einführungsmodell eines Top-down/Bottom-up-KVP. In: *Productivity Management* 17 1, S. 36–39.
- [ABEL12b] Abele, E.; Cachay, J. (2012): Kompetenzentwicklung durch Lernfabriken – Lehrplan für Shopfloor-Mitarbeiter bei proaktiven Verbesserungsprozessen. In: *wt Werkstattstechnik online* 102 3, S. 88–93.
- [ABEL13] Abele, E.; Metternich, J.; Tisch, M.; Cachay, J. (2013): Welcoming Speech and Presentation of the Initiative on Learning Factories. In: Reinhart, G. (Hrsg.): *3rd Conference on Learning Factories 2013*.
- [ABEL15] Abele, E.; Anderl, R.; Metternich, J.; Wank, A.; Anokhin, O.; Arndt, A.; Meudt, T.; Sauer, M. (2015): Effiziente Fabrik 4.0 – Einzug von Industrie 4.0 in bestehende Produktionssysteme. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 110 3, S. 150–153.
- [ABEL19] Abele, E.; Metternich, J.; Tisch, M. (2019): *Learning Factories – Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples*, Cham: Springer International Publishing.
- [ABLA16] Ab Latif, R.; Mohamed, R.; Dahlan, A. H.; Nor, H.; Mat, M. Z. (2016): Using Delphi Technique – Making Sense of Consensus in Concept Mapping Structure and Multiple Choice Questions (MCQ). In: *Education in Medicine Journal* 8 3, S. 89–98.
- [ABT87] Abt, C. C. (1987): *Serious Games*, Lanham: University Press of America.
- [ADOL14] Adolph, S.; Tisch, M.; Metternich, J. (2014): Challenges and approaches to competency development for future production. In: *Journal of International Scientific Publications–Educational Alternatives* 12, S. 1001–1010.
- [AKEN10] Van Aken, E. M.; Farris, J. A.; Glover, W. J.; Letens, G. (2010): A framework for designing, managing, and improving Kaizen event programs. In: *International Journal of Productivity and Performance Management* 59 7, S. 641–667.
- [AL02] Al-Zamany, Y.; Hoddell, Stephen, E. J.; Savage, Barbara, M. (2002): Understanding the difficulties of implementing quality management in Yemen. In: *The TQM Magazine* 14 4, S. 240–247.
- [APAC19] The Apache Software Foundation (2019): The Apache HTTP Server Project. <https://httpd.apache.org/> (Zugriff am 19.02.2019).
- [ASKI14] Askitas, N. (2014): Social Media – Eine technologische und ökonomische Perspektive. In: Rogge, C.; Karabasz, R. (Hrsg.): *Social Media im Unternehmen – Ruhm oder*

- Ruin. Erfahrungslandkarte einer Expedition in die Social Media-Welt. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 155–166.
- [AULI17] Aulinger, G.; Rother, M. (2017): Kata-Managementkultur – So macht Ihr Unternehmen Unmögliches möglich, Frankfurt, New York: Campus Verlag.
- [AURI06] Aurich, J.-C.; Hagen, H.; Ostermayer, D.; Bertram, M. (2006): VR-unterstützter KVP-Workshop – Neues Anwendungsfeld des Virtual Engineering. In: *wt Werkstattstechnik online* 96 1/2, S. 36–41.
- [AURI09] Aurich, J.-C.; Ostermayer, D.; Wagenknecht, C.-H. (2009): Improvement of manufacturing processes with virtual reality-based CIP workshops. In: *International Journal of Production Research* 47 19, S. 5297–5309.
- [AURI11] Aurich, J.-C.; Lauer C.; Yang, X. (2011): Die Produktion in 3D. In: *Productivity Management* 16 1, S. 46–48.
- [AUSS85] Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung e. V. (1985): Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion, CIM-Computer Integrated Manufacturing – Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen: Eschborn.
- [B&R19] B&R Industrial Automation GmbH (2019): Prozessleittechnik – B&R Industrial Automation. <https://www.br-automation.com/de-de/produkte/prozessleittechnik/> (Zugriff am 15.01.2019).
- [BÄCH07] Bächle, M.; Kirchberg, P. (2007): Ruby on Rails. In: *IEEE Software* 24 6, S. 4.
- [BAIN83] Bainbridge, L. (1983): Ironies of automation. In: *Automatica* 19 6, S. 775–779.
- [BAMB00] Bamber, L.; Dale, B. G. (2000): Lean production – A study of application in a traditional manufacturing environment. In: *Production Planning & Control* 11 3, S. 291–298.
- [BART01] Barton, H.; Delbridge, R. (2001): Development in the learning factory – Training human capital. In: *Journal of European Industrial Training* 25 9, S. 465–472.
- [BAU15] Baumhauer, D.; Brenner, D.; Lenz, J.; Plachetta, M.; Rendle, J. (2015): Wirkungsanalyse und Optimierung mitarbeitergetriebener Verbesserungsprozesse in produzierenden Unternehmen, Stuttgart.
- [BAUM15] Baumhauer, D.; Brenner, D.; Lenz, J.; Plachette M.; Rendle, J. (2015): Wirkungsanalyse und Optimierung mitarbeitergetriebener Verbesserungsprozesse in produzierenden Unternehmen, Stuttgart.
- [BECK08] Becker, T. (2008): Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [BERL01] Berling, C. (2001): The human side of continuous improvement. In: *International Journal of Human Resources Development and Management* 1 2/3/4, S. 183–191.
- [BERN04] Bernhard, J.; Jessen, U.; Wenzel, S. (2004): Management domänenspezifischer Modelle in der Digitalen Fabrik. In: Mertins, K.; Rabe, M. (Hrsg.): Tagungsband zur 11. ASIM-Fachtagung „Simulation in Produktion und Logistik“. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- [BESS01] Bessant, J.; Caffyn, S.; Gallagher, M. (2001): An evolutionary model of continuous improvement behaviour. In: *Technovation* 21 2, S. 67–77.
- [BESS94] Bessant, J.; Caffyn, S.; Gilbert, J.; Harding, R.; Webb, S. (1994): Rediscovering continuous improvement. In: *Technovation* 14 1, S. 17–29.
- [BESS97] Bessant, J.; Caffyn, S. (1997): High-involvement innovation through continuous improvement. In: *International Journal of Technology Management* 14 1, S. 7–28.
- [BESS99] Bessant, J.; Francis, D. (1999): Developing strategic continuous improvement capability. In: *International Journal of Operations & Production Management* 19 11, S. 1106–1119.
- [BHUI05] Bhuiyan, N.; Baghel, A. (2005): An overview of continuous improvement – From the past to the present. In: *Management Decision* 43 5, S. 761–771.
- [BILD14] Bildstein, A.; Seidelmann, J. (2014): Industrie 4.0-Readiness: Migration zur Industrie



- 4.0-Fertigung. In: Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 581–597.
- [BILI10] Bilik, S. (2010): Konzeption und Realisierung eines Backend-Systems für ein Dokumenten-Management-System auf Basis der serviceorientierten Architektur. Diplomarbeit. Hochschule Mittweida University of Applied Sciences, Mittweida.
- [BISM08] Bismarck, W.-B. v. (2008): Das Vorschlagswesen – Von der Mitarbeiteridee bis zur erfolgreichen Umsetzung, Mering: Rainer Hampp Verlag.
- [BJÖR10] Björklund, M. (2010): Benchmarking tool for improved corporate social responsibility in purchasing. In: Benchmarking: An International Journal 17 3, S. 340–362.
- [BLEY01] Bley, H.; Franke, C. (2001): Integration von Produkt- und Produktionsmodell mit Hilfe der Digitalen Fabrik. In: wt Werkstattstechnik 91 4, S. 214–220.
- [BOEH84] Boehm, B. (1984): Software Engineering Economics. In: IEEE Transactions on Software Engineering 10 1, S. 4–21.
- [BOEH88] Boehm, B. W. (1988): A spiral model of software development and enhancement. In: Computer 21 5, S. 61–72.
- [BOER00] Boer, H.; Berger, A.; Chapman, R. (2000): CI changes: from suggestion box to organisational learning – Continuous improvement in Europe and Australia, Aldershot: Ashgate.
- [BOND99] Bond, T. C. (1999): The role of performance measurement in continuous improvement. In: International Journal of Operations & Production Management 19 12, S. 1318–1334.
- [BÖNI08] Böning, U.; Fritschle, B.; Rexer, T. (2008): Coaching fürs Business – Was Coaches, Personaler und Manager über Coaching wissen müssen, Bonn: ManagerSeminare Verlags GmbH.
- [BOOT19] Bootstrap (2019): Introduction Bootstrap. <https://getbootstrap.com/docs/4.0/getting-started/introduction/> (Zugriff am 02.01.2019).
- [BORG95] Borghoff, U. M.; Schlichter, J. H. (1995): Rechnergestützte Gruppenarbeit – Eine Einführung in verteilte Anwendungen, Berlin: Springer.
- [BORT08] Bortz, J.; Lienert, G. A.; Boehnke, K. (2008): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [BORT10] Bortz, J.; Schuster, C. (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [BOTT15] Botthof, A.; Hartmann, E.A. (2015): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Berlin: Springer Vieweg.
- [BPM11] BPM Offensive Berlin (2011): BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation. <http://bpmb.de/poster> (Zugriff am 09.02.2019).
- [BRAC18] Bracht, U.; Geckler, D.; Wenzel, S. (2018): Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- [BRUD11] Bruder, R. (2011): Ergonomische Qualität im Design (EQUID) – Ein prozessorientierter Gestaltungsansatz: Mensch, Technik, Organisation. Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungsprozess, 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, 23.–25.03.2011.
- [BRUN03] Brunet, A. P.; New, S. (2003): Kaizen in Japan – An empirical study. In: International Journal of Operations & Production Management 23 12, S. 1426–1446.
- [BRUN14] Brunner, F. J. (2014): Japanische Erfolgskonzepte – KAIZEN, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance, Shopfloor Management, Toyota Production System, GD3 - Lean Development, München: Carl Hanser.
- [BULL02] Bullinger, H.-J.; Witzgall, E. (2002): Qualifikationsmanagement in der Produktion – Pläne und Werkzeuge für die Baustelle Lernende Organisation, Stuttgart: Fraunhofer - Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

- [BULL09] Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E. (2009): Handbuch Unternehmensorganisation – Strategien, Planung, Umsetzung, Berlin: Springer.
- [BUNS08] Bunse, C.; Knethen, A. v. (2008): Vorgehensmodelle kompakt, Heidelberg: Springer Spektrum.
- [CACH13] Cachay, J. (2013): Methode zur kompetenzorientierten Gestaltung und nachhaltigen Verankerung von proaktiven Verbesserungsprozessen in der Produktion, Aachen: Shaker Verlag.
- [CACH15] Cachay, J. (2015): Methode für systematisierte Zielbildungsprozesse in proaktiven, mitarbeitergetriebenen Verbesserungsprozessen in der Produktion – Abschlussbericht DFG Sachbeihilfe, Darmstadt.
- [CHOM62] Chomsky, N. (1962): Explanatory Models in Linguistics. In: Nagel, E.; Suppes, P., Tarski, A. (Hrsg.): Logic, Methodology and Philosophy of Science. Stanford: Stanford University Press, S. 528–550.
- [CHRI18] Christoph Schröder (2018): Teurer Standort Deutschland. <https://www.iwd.de/artikel/teurer-standort-deutschland-378317/> (Zugriff am 09.02.2019).
- [CICC94] Cicchetti, D. V. (1994): Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. In: Psychological Assessment 6 4, S. 284–290.
- [CLAU15] Claus, T.; Herrmann, F.; Manitz, M. (2015): Produktionsplanung und –steuerung – Forschungsansätze, Methoden und deren Anwendungen, Berlin, Heidelberg: Gabler Verlag.
- [COHN12] Cohn, M. (2012): Agile estimating and planning, Upper Saddle River: Prentice Hall.
- [COPE17] Copeland, D. B. (2017): Rails, Angular, Postgres, and Bootstrap – Powerful, effective, and efficient full-stack web development, Raleigh: Pragmatic Bookshelf.
- [COSM19] Cosmino AG (2019): Cosmino MES Plus – Best Practice für jede Fertigung. <https://www.cosmino.de/software/cosmino-mes-plus/> (Zugriff am 16.01.2019).
- [CRAN00] Crant, J. M. (2000): Proactive Behavior in Organizations. In: Journal of Management 26 3, S. 435–462.
- [CSIK14] Csikszentmihalyi, M. (2014): Flow and the Foundations of Positive Psychology – The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi, Dordrecht: Springer Netherlands.
- [DAGD86] Dagdelen, K.; Johnson, T. (1986): Optimum open pit mine production scheduling by Lagrangian parameterization. In: Proceedings 19th APCOM Symposium of the society, S. 127–142.
- [DAHM06] Dahm, M. (2006): Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, München: Pearson Studium.
- [DAHM17] Dahm, M. H.; Brückner, A. D. (2017): Lean Management im Unternehmensalltag – Praxisbeispiele zur Inspiration und Reflexion, Wiesbaden: Gabler Verlag.
- [DAL14] Dal Forno, A. J.; Pereira, F. A.; Forcellini, F. A.; Kipper, L. M. (2014): Value Stream Mapping – a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology 72 5-8, S. 779–790.
- [DALE90] Dale, B. G. (1990): Policy Deployment. In: The TQM Magazine 2 6.
- [DALK63] Dalkey, N.; Helmer, O. (1963): An Experimental Application of the DELPHI Method to the Use of Experts. In: Management science 9 3, S. 458–467.
- [DANI97] Daniels, R. C.; Burns, N. D. (1997): A framework for proactive performance measurement system introduction. In: International Journal of Operations & Production Management 17 1, S. 100–116.
- [DARI15] Darina Dicheva; Christo Dichev; Gennady Agre; Galia Angelova (2015): Gamification in Education – A Systematic Mapping Study. In: Journal of Educational Technology & Society 18 3, S. 75–88.
- [DECI93] Deci, E. L.; Ryan, R. M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre

- Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 39 2, S. 223–238.
- [DEDI16] Dedić, N.; Stanier, C. (2016): Measuring the Success of Changes to Existing Business Intelligence Solutions to Improve Business Intelligence Reporting. In: Tjoa, A. M.; Xu, L. D.; Raffai, M.; Novak, N. M. (Hrsg.): Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems. Cham: Springer International Publishing, S. 225–236.
- [DEHN07] Dehnbostel, P. (2007): Lernen im Prozess der Arbeit, Münster: Waxmann Verlag.
- [DEMI90] Deming, W. E. (1990): Out of the crisis – Quality, productivity and competitive position, Cambridge: Cambridge University Press.
- [DETE11] Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R.; Nacke, L. (2011): From game design elements to gamefulness – Defining "gamification", 2181037.
- [DEUT10] Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS) (2010): Leitfaden Usability – Version 1.3. <https://www.dakks.de/content/leitfaden-usability> (Zugriff am 05.02.2019).
- [DEUT17] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2017): DFG GEPRIS – Lernkonzepte für eine wandlungsfähige Produktion. <http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/220204719> (Zugriff am 15.02.2019).
- [DGQ14] DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (2014): KVP - Der kontinuierliche Verbesserungsprozess – Praxisleitfaden für kleine und mittlere Organisationen, München: Carl Hanser.
- [DIN06] DIN EN ISO 9241-110:2006: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung.
- [DIN10] DIN EN ISO 9241-210:2010: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.
- [DIN14] DIN EN 62264-1:2014-07: Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen – Teil 1: Modelle und Terminologie.
- [DIN15] DIN EN ISO 9000:2015-11: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe.
- [DIN18] DIN EN ISO 9241-11:2018: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte.
- [DIN83] DIN 66001:1983-12: Informationsverarbeitung – Sinnbilder und ihre Anwendung.
- [DIN85] DIN 66261:1985-11: Informationsverarbeitung – Sinnbilder für Struktogramme nach Nassi-Shneiderman.
- [DOMB01] Dombrowski, U.; Tiedemann, H.; Bothe, T. (2001): Visionen für die Digitale Fabrik. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 3, S. 96–100.
- [DOMB07] Dombrowski, U.; Schmidt, S.; Tomala, D. (2007): Analyse und Optimierung des Ideenmanagements – Wie ein gutes Ideenmanagement hilft, die Produktion zu verbessern. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 102 7-8, S. 461–465.
- [DOMB12] Dombrowski, U.; Mielke, T. (2012): Lean Leadership – Nachhaltige Führung in ganzheitlichen Produktionssystemen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 107 10, S. 697–701.
- [DOMB13] Dombrowski, U.; Mielke, T. (2013): Lean Leadership - fundamental principles and their application. In: Procedia CIRP 7, S. 569–574.
- [DOMB14] Dombrowski, U.; Mielke, T. (2014): Lean Leadership – 15 Rules for a Sustainable Lean Implementation. In: Procedia CIRP 17, S. 565–570.
- [DOMB16] Dombrowski, U.; Richter, T. (2016): Ganzheitliche Produktionssysteme und Industrie 4.0. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111 12, S. 771–774.
- [DOMS07] Domscheit, A. (2007): Personal- und Organisationsentwicklung nach Maß – Seminare, Trainings und Coachings, die sich rechnen, Heidelberg: Redline Verlag.
- [DÖRI16a] Dörich, J.; Gassner, J. (2016): Shopfloor Management – Praxisbeispiel myonic GmbH. In: ifaa Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): 5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, S. 205–211.
- [DÖRI16b] Döring, N.; Bortz, J. (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und

- Humanwissenschaften, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [DÖRI16c] Dörich, J.; Licht, A. (2016): Ideenmanagement – Praxisbeispiel Spindelfabrik Suessen GmbH. In: ifaa Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): 5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, S. 161–168.
- [DÖRN79] Dörner, D. (1979): Problemlösen als Informationsverarbeitung, Stuttgart: Kohlhammer.
- [DREW10] Drews, G.; Hillebrand, N. (2010): Lexikon der Projektmanagement-Methoden – Die besten Methoden für jede Situation: Werkzeugkasten für effizientes Projektmanagement, Freiburg: Haufe.
- [DRUC98] Drucker, P. F. (1998): Die Praxis des Managements – Ein Leitfaden für die Führungsaufgaben in der modernen Wirtschaft, Düsseldorf: Econ Verlag.
- [DRUI02] Druin, A. (2002): The role of children in the design of new technology. In: Behaviour & Information Technology 21 1, S. 1–25.
- [EASO95] Eason, K. D. (1995): User-centred design – For users or by users? In: Ergonomics 38 8, S. 1667–1673.
- [EBNE13] Ebner, M.; Schön, S. (2013): Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien, Berlin: epubli GmbH.
- [EDWA07] Edwards, J. R.; Shipp, A. J. (2007): The relationship between person-environment fit and outcomes: An integrative theoretical framework. In: Ostroff, C.; Judge, T. A. (Hrsg.): Perspectives on organizational fit. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, S. 209–258.
- [EIGN09] Eigner, M. (2009): IT-Lösungen für den Produktentwicklungsprozess. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung. Berlin: Springer.
- [EIGN12] Eigner, M.; Gerhardt, F.; Gilz, T.; Mogo Nem, F. (2012): Informationstechnologie für Ingenieure, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- [ENKE17] Enke, J.; Kaiser, J.; Metternich, J. (2017): Die Lernfabrik als Export-Erfolg. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 112 10, S. 644–647.
- [ENOB19] Enobis Ideenmanagement GmbH (2019): Ideenmanagement, BVW, Betriebliches Vorschlagswesen Software – TREVIOS. <https://www.trevios.com/ideenmanagement/> (Zugriff am 16.01.2019).
- [ERLA10] Erlach, K. (2010): Wertstromdesign – Der Weg zur schlanken Fabrik, Berlin Heidelberg: Springer.
- [ERPE07] Erpenbeck, J.; Rosenstiel, L. v. (2007): Einführung. In: Erpenbeck, J.; Rosenstiel, L. v. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 17–46.
- [ESPI15] Espinoza, D.; Goycoolea, M.; Moreno, E. (2015): The precedence constrained knapsack problem: Separating maximally violated inequalities. In: Discrete Applied Mathematics 194, S. 65–80.
- [EVER76] Everest, G. (1976): BASIC DATA STRUCTURE MODELS EXPLAINED WITH A COMMON EXAMPLE. In: Computing Systems 1976, Proceedings Fifth Texas Conference on Computing Systems, S. 39–46.
- [EYER04] Eyer, E.; Andresen, B.-J. (2004): Praxishandbuch Entgeltsysteme für produzierende Unternehmen – Durch differenzierte Vergütung die Wettbewerbsfähigkeit steigern, Düsseldorf: Symposion.
- [FAAT17] Faatz, L. (2017): Kompetenzentwicklung im Werkzeugmanagement im Rahmen einer Lernfabrik, Aachen: Shaker Verlag.
- [FACT19] FACTORYMINER KG (2019): Übersicht – FACTORYMINER. <https://www.factory-miner.com/funktionen/uebersicht/> (Zugriff am 16.01.2019).

- [FELD13] Feldhusen, J.; Grote, K.-H. (2013): Pahl/ Beitz Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- [FIEL00] Fielding, R. T. (2000): Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures – CHAPTER 6 Experience and Evaluation. <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/evaluation.htm> (Zugriff am 07.02.2019).
- [FISC13] Fischermanns, G. (2013): Praxishandbuch Prozessmanagement, Wettenberg: Dr. Götz Schmidt.
- [FLEI08] Fleischer, A. (2008): Entwurf und Implementierung innovativer Architekturen für Learning Content Management Systeme (LCMS) zum Einsatz im erlösorientierten Bildungsexport.
- [FLEI13] Fleig, J.; Schneider, R. (2013): Erfahrung und Technik in der Produktion: Springer.
- [FLIC11] Flick, U. (2011): Triangulation, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- [FLOY97] Floyd, C.; Krabbel, A.; Ratuski, S.; Wetzel, I. (1997): Zur Evolution der evolutionären Systementwicklung – Erfahrungen aus einem Krankenhausprojekt. In: Informatik-Spektrum 20 1, S. 13–20.
- [FORS14] Forstner, L.; Dümmler, M. (2014): Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. In: e & i Elektrotechnik und Informationstechnik 131 7, S. 199–201.
- [FRAU18] Fraunhofer Austria Research GmbH (2018): Fraunhofer KVP-APP – Kontinuierlicher Verbesserungsprozess – KVP 4.0. <https://www.fraunhofer.at/de/software---tools/fraunhofer-kvp-app.html> (Zugriff am 13.11.2018).
- [FRIE97] Fried. Krupp AG Hoesch-Krupp (1997): 125 Jahre Betriebliches Vorschlagswesen, Essen.
- [FRIT03] Fritz, J.; Fehr, W. (2003): Computerspiele – Virtuelle Spiel- und Lernwelten, Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.
- [GAND14] Gandomani, T. J.; Koh, T. W.; Binhamid, A. K. (2014): Case Study Research on Software Cost Estimation Using Experts' Estimates, Wideband Delphi, and Planning Poker Technique. In: International Journal of Software Engineering and Its Applications 8 11, S. 173–182.
- [GARC11] Garcia-Sabater, J. J.; Marin-Garcia, J. A.; Perello-Marin, M.R. (2011): Is implementation of continuous improvement possible? An evolutionary model of enablers and inhibitors. In: Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries 22 2, S. 99–112.
- [GARE09] Garey, M. R.; Johnson, D. S. (2009): Computers and intractability – A guide to the theory of NP-completeness, New York: Freeman.
- [GAUS09] Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C. (2009): Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen, München: Carl Hanser.
- [GAUS96] Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O. (1996): Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien, München: Carl Hanser.
- [GERC18] Gerchev, I. (2018): Most popular Frontend Frameworks compared (Zugriff am 09.08.2018).
- [GESE19] Gesellschaft für Angewandte Mathematik und EDV m.b.H. (2019): KVP Guide – Erfolgreich und nachhaltig verbessern. <http://www.gamed.com/kvp-guide.php> (Zugriff am 16.01.2019).
- [GHAR13] Gharbi, M.; Koschel, A.; Rausch, A.; Starke, G. (2013): Basiswissen für Softwarearchitekten – Aus- und Weiterbildung nach iSAQB-Standard zum Certified Professional for Software Architecture - Foundation Level, Heidelberg: dpunkt.verlag.
- [GIDI09] Gidion, G. (2009): Persönlichkeits- und bedarfsgerechte Personalentwicklung in Lernenden Organisationen. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E.

- (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung. Berlin: Springer.
- [GIET96] Gieth, R.; Menge, S.; Ritz, S. (1996): Software-ergonomische Qualitätssicherung – Methodiken zur Erfüllung der EU-Bildschirmrichtlinie (Forschungsbericht No. FBI-HH-M-262/96), Hamburg.
- [GONG17] Gong, L.; Berglund, J.; Saluäär, D.; Johansson, B. (2017): A Novel VR Tool for Collaborative Planning of Manufacturing Process Change using Point Cloud Data. In: *Procedia CIRP* 63, S. 336–341.
- [GÖPF13] Göpfert, J.; Lindenbach, H. (2013): Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation, München: Oldenbourg Verlag.
- [GORE17] Gorecky, D.; Schmitt, M.; Loskyll, M. (2017): Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Band 4: Allgemeine Grundlagen. Berlin: Springer Vieweg, S. 217–234.
- [GÖTZ01] Götzer, K. (2001): Dokumenten-Management – Informationen im Unternehmen effizient nutzen, Heidelberg.
- [GRAF17] Graf, N.; Edelkraut, F. (2017): Mentoring – Das Praxisbuch für Personalverantwortliche und Unternehmer, Wiesbaden: Springer Gabler.
- [GREN02] Grenning, J. (2002): Planning Poker or How to avoid analysis paralysis while release planning. In: Hawthorn Woods Renaissance Software Consulting 3.
- [GRIN13] Grininger, J.; Krempel, K. (2013): Im laufenden Betrieb: Aufgaben, Zielsetzungen und Ergebnisse. In: Günthner, W. A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- [GRON12] Gronau, N.; Lindemann, M. (2012): Einführung in das Informationsmanagement, Berlin: GITO.
- [GUNA99] Gunasekaran, A. (1999): Enablers of total quality management implementation in manufacturing – A case study. In: *Total Quality Management* 10 7, S. 987–996.
- [GÜNT09] Günther, S.; Garzinsky, B. (2009): Problemlösungszyklen im Rahmen von Lean Six Sigma – Vom Standard-DMAIC zum Blitz-DMAIC. In: Töpfer, A. (Hrsg.): Lean Six Sigma. Berlin: Springer, S. 113–135.
- [HACK14] Hacker, W.; Sachse, P. (2014): Allgemeine Arbeitspsychologie – Psychische Regulation von Tätigkeiten, Göttingen: Hogrefe.
- [HAHN00] Hahn, T. (2000): Die Einführung von Gruppenarbeitsstrukturen, kontinuierlichem Verbesserungsprozeß und dezentralem betrieblichem Vorschlagswesen zur Förderung mitarbeitergetragener Systemoptimierungen, München: Rainer Hampp Verlag.
- [HAHN18] Hahn, P. T. (2018): Analyse der bisher am Markt und Forschung verwendeten Systeme um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess digital zu unterstützen. Studienarbeit. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- [HALL01] Hall, R. R. (2001): Prototyping for usability of new technology. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 55 4, S. 485–501.
- [HAMB15a] Hambach, J.; Tenberg, R.; Metternich, J. (2015): Guideline-based Video Analysis of Competencies for a Target-oriented Continuous Improvement Process. In: *Procedia CIRP* 32, S. 25–30.
- [HAMB15b] Hambach, J.; Czajkowski, S.; Haase, E.; Metternich, J.; Tenberg, R. (2015): Der Weg zur kontinuierlichen Verbesserung – Anforderungen und Probleme des KVP in Deutschland. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 04, S. 196–200.
- [HAMB15c] Hambach, J.; Tenberg, R.; Metternich, J. (2015): Guideline-based Video Analysis of Competencies for a Target-oriented Continuous Improvement Process. In: *Procedia CIRP* 32, S. 25–30.
- [HAMB16a] Hambach, J.; Tenberg, R.; Reiß, J.; Tisch, M.; Metternich, J. (2016): Lernkonzepte für

- eine wandlungsfähige Produktion. In: *Journal of Technical Education (JOTED)* 5 1, S. 100–132.
- [HAMB16b] Hambach, J.; Diezemann, C.; Tisch, M.; Metternich, J. (2016): Assessment of Students' Lean Competencies with the Help of Behavior Video Analysis – Are Good Students Better Problem Solvers? In: *Procedia CIRP* 55, S. 230–235.
- [HAMB17] Hambach, J.; Kümmel, K.; Metternich, J. (2017): Development of a digital continuous improvement system for production. In: *Procedia CIRP* 63, S. 330–335.
- [HANN15] Hannemann, M. (2015): Geht's nicht noch besser? In: *brand eins* 9.
- [HAUB85] Haubner, P. (1985): Strukturaspekte der Informationsgestaltung auf Bildschirmen. In: Bodmann, H.-W. (Hrsg.): *Aspekte der Informationsverarbeitung. Funktion des Sehsystems und technische Bild darbietung*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 301–330.
- [HECK10] Heckhausen, J.; Heckhausen, H. (2010): *Motivation und Handeln*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [HEHE11] Hehenberger, P. (2011): *Computerunterstützte Fertigung – Eine kompakte Einführung*, Berlin: Springer.
- [HEIM18] Heimer, J. (2018): Implementierung eines digitalen KVP-Boards zur Prozessverbesserung im Zeitalter von Industrie 4.0. Studienarbeit. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- [HELL11] Hellbrück, R. (2011): *Angewandte Statistik mit R – Eine Einführung für Ökonomen und Sozialwissenschaftler*, Wiesbaden: Gabler.
- [HERT17] Hertle, C.; Hambach, J.; Meißner, A.; Rossmann, S.; Metternich, J.; Rieger, J. (2017): Digitales Shopfloor Management – Neue Impuls für die Verbesserung in der Werkstatt. In: *Productivity Management* 1, S. 59–61.
- [HERT18] Hertle, C. (2018): *Shopfloor Management Systeme zur zielgerichteten, systematischen Kompetenzentwicklung in der Produktion*, Aachen: Shaker Verlag.
- [HESS07] Hesseler, M.; Görtz, M. (2007): *Basiswissen ERP-Systeme – Auswahl, Einführung & Einsatz betriebswirtschaftlicher Standardsoftware*, Herdecke: W3L-Verlag.
- [HEYS04] Heyse, V.; Erpenbeck, J. (2004): *Kompetenztraining – 64 Informations- und Trainingsprogramme*, Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- [HICH09] Hichert, R. (2009): Führungsinformationssysteme zur Unterstützung von Managemententscheidungen in komplexen Organisationen. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warncke, H.-J.; Westkämper, E. (Hrsg.): *Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung*. Berlin: Springer, S. 718–723.
- [HILC12] Hilchner, R. (2012): *Typenorientiertes Lösungsraum-Management in der Fabrikplanung*, Aachen: Apprimus Verlag.
- [HILD16] Hildebrandt, S.; Hanson, C. (2016): 0-1 Knapsack Optimization with Branch-and-Bound Algorithm: 49th Annual Midwest Instruction and Computing Symposium (MICS 2016). Cedar Falls, Iowa, USA, 22-23 April 2016. Red Hook: Curran Associates.
- [HINE04] Hines, P.; Holweg, M.; Rich, N. (2004): Learning to evolve – A review of contemporary lean thinking. In: *International Journal of Operations & Production Management* 24 10, S. 994–1011.
- [HINT12] Hinterhuber, H. H. (2012): *Wettbewerbsstrategie*, Hawthorne: de Gruyter.
- [HIPPE95] Hippel, E. von; Tyre, M. J. (1995): How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment. In: *Research Policy* 24 1, S. 1–12.
- [HIRS14] Hirsch-Kreinsen, H. (2014): *Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“*.
- [HOPP17] Hoppe, G. (2017): High Performance Automation verbindet IT und Produktion. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0. Band 2: Automatisierung*. Berlin: Springer Vieweg.
- [HOTF19] HotFrameworks (2019): Webframework Rankings. <http://hotframeworks.com/> (Zugriff am 06.02.2019).
- [HOUS06] Houshmand, M.; Jamshidnezhad, B. (2006): An extended model of design process of

- lean production systems by means of process variables. In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 22 1, S. 1–16.
- [HUTC11] Hutchins, D. (2011): *Hoshin Kanri – The Strategic Approach to Continuous Improvement*, Aldershot: Routledge.
- [IBAR78] Ibarra, O. H.; Kim, C. E. (1978): Approximation Algorithms for Certain Scheduling Problems. In: *Mathematics of Operations Research* 3 3, S. 197–204.
- [IHK19] IHK Darmstadt (2019): Mittelstand 4.0 – Über uns. <https://kompetenzzentrum-darmstadt.digital/Über-uns> (Zugriff am 15.01.2019).
- [IMAI86] Imai, M. (1986): *Kaizen – The key to Japan's competitive success*, New York: McGraw-Hill.
- [IMAI97] Imai, M. (1997): *Gemba Kaizen – Permanente Qualitätsverbesserung, Zeitersparnis und Kostensenkung am Arbeitsplatz*, München: Langen-Müller.
- [ISHI88] Ishikure, K. (1988): Achieving Japanese productivity and quality levels at a U.S. plant. In: *Long Range Planning* 21 5, S. 10–17.
- [ISO12] ISO/IEC 19505:2:2012: Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) - Part 2: Superstructure.
- [ISO13] ISO/IEC 19510:2013: Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation.
- [JACK80] Jackson, T. F. (1980): System User Acceptance Thru System User Participation. In: *Proceedings of the Annual Symposium on Computer Application in Medical Care* 3, S. 1715–1721.
- [JADH14] Jadhav, J. R.; Mantha, S. S.; Rane, S. B. (2014): Exploring barriers in lean implementation. In: *International Journal of Lean Six Sigma* 5 2, S. 122–148.
- [JÄGE16] Jäger, F. N. (2016): Entwicklung eines digitalen Shopfloorboards für den zielorientierten KVP im Kontext der Industrie 4.0. Bachelor Thesis. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- [JÄKL17] Jäkle, C. (2017): Simplex und das Branch-and-Bound-Verfahren mit Implementierung in Python. Bachelor Thesis. Universität Konstanz, Konstanz.
- [JOHN01] Johnston, R.; Fitzgerald, L.; Fitzgerald, E.; Brignall, S. (2001): Target setting for evolutionary and revolutionary process change. In: *International Journal of Operations & Production Management* 21, S. 1387–1403.
- [JOHN69] Johnson, T. (1969): Optimum open-pit mine production scheduling. In: Weiss, A. (Hrsg.): *A Decade of Digital Computing in the Mining Industry*. New York: AIME.
- [JOHN83] Johnson, D. S.; Niemi, K. A. (1983): On Knapsacks, Partitions, and a New Dynamic Programming Technique for Trees. In: *Mathematics of Operations Research* 8 1, S. 1–14.
- [JOLA08] Jolayemi, J. K. (2008): Hoshin kanri and hoshin process – A review and literature survey. In: *Total Quality Management & Business Excellence* 19 3, S. 295–320.
- [JUNG17] Jung, B.; Schweißer, S.; Wappis, J. (2017): *8D – Systematisch Probleme lösen*, München: Carl Hanser.
- [KAGE13] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (2013): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*.
- [KAMI15] Kamiske, G.F. (2015): *Handbuch QM-Methoden – Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*, München: Carl Hanser.
- [KAPL09] Kaplan, R. S.; Norton, D. P. (2009): *The balanced scorecard – Translating strategy into action*, Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- [KAPL92] Kaplan, R. S.; Norton, D. P. (1992): The Balanced Scorecard – Measures that drive performance. In: *Harvard Business Review* January–February, S. 71–79.
- [KARA17] Karasev, V. O.; Sukhanov, V. A. (2017): Product Lifecycle Management Using Multi-agent Systems Models. In: *Procedia Computer Science* 103, S. 142–147.
- [KATH10] Kathuria, R.; Partovi, F. Y.; Greenhaus, J. H. (2010): Leadership practices, competitive



- priorities, and manufacturing group performance. In: *International Journal of Operations & Production Management* 30 10, S. 1080–1105.
- [KATO95] Kato, T. (1995): Cooperate to compete – Employee participation and productivity ; evidence from a new survey of Japanese firms, Annandale-on-Hudson: Levy Economics.
- [KELL04] Kellerer, H.; Pferschy, U.; Pisinger, D. (2004): *Knapsack Problems*, Berlin: Springer.
- [KERS06] Kersting, C. (2006): Ideenmanagement/ BVW in Deutschland – Jahresbericht 2005 des Deutschen Instituts für Betriebswirtschaft (dib). In: *Ideen- und Innovationsmanagement* 32 3, S. 88–90.
- [KIRN06] Kirner, E.; Armbruster, H.; Kinkel, S. (2006): Kontinuierlicher Verbesserungsprozess - Baustein zur Prozessinnovation in KMU – Nutzung und Effekte von KVP im Verarbeitenden Gewerbe. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung zur „Modernisierung der Produktion“ 40, Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung - ISI.
- [KIRN11] Kirner, E.; Armbruster, H.; Kinkel, S.; Som, O. (2011): Continuous improvement processes in manufacturing enterprises as an enabler of process innovation. In: *International Journal of Manufacturing Technology and Management* 22 3, S. 207.
- [KLEI05] Kleinau, T. (2005): Der Rollenwandel im mittleren Management – Der Meister als Prozessmanager. Konzeption und Evaluation eines Personal- und Organisationsentwicklungsprojektes zur Förderung der Führungskompetenz in der Automobilindustrie, Braunschweig: Institut für Psychologie.
- [KLEI14] Kleinemeier, M. (2014): Von der Automatisierungspyramide zu Unternehmenssteuerungsnetzwerken. In: Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [KLET15] Kletti, J. (2015): *MES - Manufacturing Execution System – Moderne Informationstechnologie unterstützt die Wertschöpfung*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [KNOR12] Knorr-Bremse Vasúti Jármű (2012): *Der Weg zur Fünf-Tage-Fabrik – Knorr-Bremse* Budapest, Budapest.
- [KNÜP13] Knüpfner, G. (2013): Kärcher verkürzt Durchlaufzeit drastisch. <https://www.produktion.de/technik/produktivitaet/kaercher-verkuerzt-durchlaufzeit-drastisch-113.html> (Zugriff am 13.11.2018).
- [KNÜP15] Knüpfner, G. (2015): Industrie 4.0 ist am Menschen vorbeientwickelt – Kritik am Ansatz Industrie 4.0. <https://www.produktion.de/trends-innovationen/prof-syska-4-0-ist-am-menschen-vorbeientwickelt-128.html> (Zugriff am 10.02.2019).
- [KOBL13] Koblack, P. (2013): BVW - eine Drogenszene? – Seit zwanzig Jahren will Reinhard K. Sprenger das BVW abschaffen. In: *EUREKA impulse* 3, S. 1–3.
- [KOBL14] Koblack, P. (2014): Kleine Geschichte des Ideenmanagements. In: *EUREKA impulse* 6.
- [KOCH09] Koch, M.; Richter, A. (2009): *Enterprise 2.0 – Planung, Einführung und erfolgreicher Einsatz von Social Software in Unternehmen*, Oldenbourg: de Gruyter.
- [KOLE67] Kolesar, P. J. (1967): A Branch and Bound Algorithm for the Knapsack Problem. In: *Management science* 13 9, S. 723–735.
- [KÖNI12a] König, C.; Hofmann, T.; Bruder, R. (2012): Application of the user-centred design process according ISO 9241-210 in air traffic control. In: *Work* 41 Suppl 1, S. 167–174.
- [KÖNI12b] König, C. (2012): Analyse und Anwendung eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses zur Entwicklung von Human-Machine-Interfaces im Arbeitskontext am Beispiel Flugsicherung. Dissertation. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- [KORG09] Korge, G.; Schnabel, U. (2009): Unterstützung moderner Organisationsformen durch multimediale Wissensmanagementsysteme. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E. (Hrsg.): *Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung*. Berlin: Springer.
- [KORN10] Korn, K. (2010): Musik Merchandising aus Konsumentenperspektive – Ein Ansatz zur

- Erklärung des Konsumentenverhaltens bei Fan-Artikeln von Musikacts, Wiesbaden: Gabler.
- [KOST17] Kostka, C.; Kostka, S. (2017): Der kontinuierliche Verbesserungsprozess, München: Carl Hanser.
- [KRÄM14] Krämer, J. (2014): Mittelstand 2.0 – Typabhängige Nutzungspotenziale von Social Media in mittelständischen Unternehmen, Wiesbaden: Gabler.
- [KRIS07] Krishnan, M.; Srinivasan, A. (2007): How do shop-floor supervisors allocate their time? In: *International Journal of Production Economics* 105 1, S. 97–115.
- [KÜHL09] Kühl, S.; Strodtholz, P.; Taffertshofer, A. (2009): *Handbuch Methoden der Organisationsforschung – Quantitative und qualitative Methoden*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- [LACK19] Lackes, R.; Siepermann, M. (2019): Prototyping – Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/prototyping-44360/version-267672> (Zugriff am 03.02.2019).
- [LIAP18] Liapis, A.; Katsanos, C.; Xenos, M. (2018): Don't Leave Me Alone – Retrospective Think Aloud Supported by Real-Time Monitoring of Participant's Physiology. In: Kurosu, M. (Hrsg.): *Human-Computer Interaction. Theories, Methods, and Human Issues*. Cham: Springer International Publishing, S. 148–158.
- [LIKE04] Liker, J. K. (2004): *The Toyota way – 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, New York: McGraw-Hill.
- [LIKE06] Liker, J. K.; Meier, D. (2006): *The Toyota Way Fieldbook – A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*, New York: McGraw-Hill.
- [LIKE07a] Liker, J. K.; Meier, D. (2007): *Toyota talent – Developing your people the Toyota way*, New York: McGraw Hill Professional.
- [LIKE07b] Liker, J. K. (2007): *Der Toyota Weg – 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns*, München: FinanzBuch Verlag.
- [LIKE08] Liker, J. K.; Meier, D. P. (2008): *Toyota Talent – Erfolgsfaktor Mitarbeiter wie man das Potenzial seiner Angestellten entdeckt und fördert*, München: FinanzBuch Verlag.
- [LIKE11] Liker, J. K.; Franz, J. K. (2011): *The Toyota Way to Continuous Improvement – Linking strategy and operational excellence to achieve superior performance*, New York: McGraw-Hill.
- [LIKE12] Liker, J. K.; Meier, D. (2012): *The Toyota way fieldbook – A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*, New York: McGraw-Hill.
- [LIND09] Lindemann, U. (2009): *Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [LIND97] Lindberg, P.; Berger, A. (1997): Continuous improvement – Design, organisation and management. In: *International Journal of Technology Management* 14 1, S. 86–101.
- [LIPP13] Lippmann, E. D. (2013): *Coaching – Angewandte Psychologie für die Beratungspraxis*, Dordrecht: Springer.
- [LOCK90] Locke, E. A.; Latham, G. P. (1990): *A theory of goal setting & task performance*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- [LODG16] Lodgaard, E.; Ingvaldsen, J. A.; Ascheboug Silje; Gamme Inger (2016): Barriers to continuous improvement – Perceptions of top managers, middlemanagers and workers. In: *Procedia CIRP* 41, S. 1119–1124.
- [LOO13] Loo, I. de; Bots, J.; Louwink, E.; Meeuwssen, D.; van Moorsel, P.; Rozel, C. (2013): The effects of ERP-implementations on the non-financial performance of small and medium-sized enterprises in the Netherlands. In: *Electronic Journal of Information Systems Evaluation* 16 2.
- [MACD97] MacDuffie, J. P. (1997): The Road to „Root Cause“ – Shop-Floor Problem-Solving at Three Auto Assembly Plants. In: *Management science* 43 4, S. 479–502.
- [MARI19] The MariaDB Foundation (2019): MariaDB.org – Supporting continuity and open collaboration. <https://mariadb.org/> (Zugriff am 19.02.2019).

- [MARK16] Marks, T. (2016): Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)/ Kaizen. In: ifaa Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): 5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, S. 41–49.
- [MART90] Martello, S.; Toth, P. (1990): Knapsack problems – Algorithms and computer implementations, Chichester: Wiley.
- [MASO96] Mason, G. (1996): Shopfloor Management Skills in Manufacturing – The Formation of Production Supervisors in the United States, Germany and Britain, London: National Institute of Economic and Social Research.
- [MAUR96] Maurer, G. (1996): Von der Prozeßorientierung zum Workflow-Management – Teil 2: Prozeßmanagement, Workflow Management, Workflow-Management-Systeme. In: Arbeitspapiere WI 10.
- [MCCU06] McCurdy, M.; Connors, C.; Pyrzak, G.; Kanefsky, B.; Vera, A. (2006): Breaking the fidelity barrier. In: Grinter, R. (Hrsg.): Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM, S. 1233–1242.
- [MCGR96] McGraw, K. O.; Wong, S. P. (1996): Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. In: Psychological Methods 1 1, S. 30–46.
- [MEMM07] Memmel, T.; Gundelsweiler, F.; Reiterer, H. (2007): CRUISER – A Cross-Discipline User Interface and Software Engineering Lifecycle. In: Jacko, J. A. (Hrsg.): Human-computer interaction. Berlin: Springer, S. 174–183.
- [MENC12] Menck, N.; Yang, X.; Weidig, C.; Winkes, P.; Lauer, C.; Hagen, H.; Hamann, B.; Aurich, J.-C. (2012): Collaborative Factory Planning in Virtual Reality 3, S. 317–322.
- [MENZ09] Menzel, F. (2009): Produktionsoptimierung mit KVP – Der kontinuierliche Verbesserungsprozess für gesteigerte Konkurrenzfähigkeit, München: FinanzBuch Verlag.
- [MERT09] Mertins, K. and Kohl, H. (2009): Benchmarking – Leitfaden für den Vergleich mit den Besten, Düsseldorf: Symposion.
- [METT11] Metternich, J. (2011): Die 5-Tage-Fabrik – Flexible Anpassung an Nachfrageschwankungen (Teil 1). In: WB Werkstatt + Betrieb 144 5, S. 88–91.
- [METT17a] Metternich, J.; Adolph, S.; Hambach, J.; Hertle, C.; Meudt, T. (2017): Lean 4.0 – Durch Digitalisierung die nächste Stufe der Exzellenz erreichen - der Darmstädter Ansatz. In: Lucks, K. (Hrsg.): Praxishandbuch Industrie 4.0. Branchen - Unternehmen - M&A. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- [METT17b] Metternich, J.; Müller, M.; Meudt, T.; Schaede, C. (2017): Lean 4.0 – Zwischen Widerspruch und Vision. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 5 112, S. 346–348.
- [MEUD16] Meudt, T.; Leipoldt, C.; Metternich, J. (2016): Der neue Blick auf Verschwendungen im Kontext von Industrie 4.0 – Detaillierte Analyse von Verschwendungen in Informationslogistikprozessen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111 11, S. 754–758.
- [MEUD17a] Meudt, T.; Pohl, M.; Metternich, J. (2017): Die Automatisierungspyramide – Ein Literaturüberblick, Darmstadt.
- [MEUD17b] Meudt, T.; Metternich, J.; Abele, E. (2017): Value stream mapping 4.0 – Holistic examination of value stream and information logistics in production. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology 66 1, S. 413–416.
- [MICH43] Michligk, P. (1943): Bewertungsfragen beim betrieblichen Vorschlagswesen, Berlin: Lehrmittelzentrale-Verlag der DAF.
- [MILL03] Miller, J. (2003): The Suggestion System ist no Suggestion.
- [MIN18] Min, D. H. (2018): Schlanke Produktion in Industrie 4.0 – Evaluation eines digitalen kontinuierlichen Verbesserungsprozesses für Unternehmen. Master Thesis. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- [MINI12] Ministerium für Inneres und Sport Mecklenburg Vorpommern (2012): Methodenhand-

- buch Prozessmanagement M-V – Version 1.0. [http://www.cio.m-v.de/static/CIO/Da-teien/KE/Prozessmanagement/Methodenhandbuch\\_PM\\_MV\\_final\\_April\\_2012\\_druck.pdf](http://www.cio.m-v.de/static/CIO/Da-teien/KE/Prozessmanagement/Methodenhandbuch_PM_MV_final_April_2012_druck.pdf) (Zugriff am 28.01.2019).
- [MIRZ11] Mirzaei, P. (2011): Lean Production – Introduction and Implementation Barriers with SMEs in Sweden. Thesis. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- [MONO16] Monostori, L.; Kádár, B.; Bauernhansl, T.; Kondoh, S.; Kumara, S.; Reinhart, G.; Sauer, O.; Schuh, G.; Sihn, W.; Ueda, K. (2016): Cyber-physical systems in manufacturing. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology 65 2, S. 621–641.
- [MÜLL09] Müller-Prothmann, T.; Dörr, N. (2009): Innovationsmanagement – Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse, München: Carl Hanser.
- [MÜLL15] Müller, B. C.; Reise, C.; Seliger, G. (2015): Gamification in Factory Management Education – A Case Study with Lego Mindstorms. In: Procedia CIRP 26, S. 121–126.
- [MÜLL16] Müller, L. (2016): Evaluierung des Coaching-Erfolges im KVP. Studienarbeit. TU Darmstadt, Darmstadt.
- [NEBE13] Nebeling, M.; Norrie, M. C. (2013): Responsive Design and Development: Methods, Technologies and Current Issues. In: Hutchison, D.; Kanade, T.; Kittler, J. (Hrsg.): Web Engineering. 13th International Conference, ICWE 2013, Aalborg, Denmark, July 8-12, 2013. Proceedings. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 510–513.
- [NELS85] Nelson, R. R.; Winter, S. G. (1985): An evolutionary theory of economic change, Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- [NEUH13] Neuhold, B. (2013): Learning Analytics – Mathematik Lernen neu gedacht, Norderstedt: Books on Demand.
- [NEWA91] Newall, D.; Dale, B. G. (1991): The introduction and development of a quality improvement process – A study. In: The International Journal of Production Research 29 9, S. 1747–1760.
- [NIED18] Niederberger, M.; Renn, O. (2018): Das Gruppendelphi-Verfahren – Vom Konzept bis zur Anwendung, Wiesbaden: Springer.
- [NIEL93] Nielsen, J. (1993): Usability engineering, Boston: Academic Press.
- [NONA95] Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995): The knowledge creating company – How Japanese companies create the dynamics of innovation, New York: Oxford Univ. Press.
- [NORM05] Norman, D. A. (2005): Human-centered design considered harmful. In: Interactions - Ambient intelligence 12 4, S. 14.
- [NOTT13] Notté, K. (2013): Wissensmanagement im Vertrieb, Wiesbaden: Gabler Verlag.
- [NYHU08] Nyhuis, P.; Reinhart, G.; Abele, E. (2008): Wandlungsfähige Produktionssysteme: heute die Industrie von morgen gestalten, Garbsen: PZH Produktionstechnisches Zentrum.
- [OBER18] Obermann, C. (2018): Assessment Center – Entwicklung, Durchführung, Trends Mit neuen originalen AC-Übungen, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- [OLIV16] Oliveira Gomes, V.-E. de; Trabasso, L.-G. (2016): A Proposal Simulation Method towards Continuous Improvement in Discrete Manufacturing. In: Procedia CIRP 57, S. 270–275.
- [ÖNO88] Ōno, T.; Bodek, N. (1988): Toyota production system – Beyond large-scale production, New York: Productivity Press.
- [ORTL93] Ortlieb, S.; Holz auf der Heide, Bernd (1993): Benutzer bei der Software-Entwicklung angemessen beteiligen – Erfahrungen und Ergebnisse mit verschiedenen Konzepten. In: Rödiger, K.-H. (Hrsg.): Software-Ergonomie '93. Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung. Stuttgart: B. G. Teubner, S. 249–261.
- [OSTE08] Ostermayer, D. (2008): Kontinuierliche Verbesserung von Produktionsprozessen mit Virtual Reality-Technologie – Umsetzung am Beispiel des KVP-Workshops. Dissertation. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern.

- [OTT07] Ott, B. (2007): Grundlagen des beruflichen Lernens und Lehrens – Ganzheitliches Lernen in der beruflichen Bildung, Berlin: Cornelsen.
- [PAHL87] Pahl, J.-P.; Vermehr, B. (1987): Zur didaktisch begründeten Reduktion auf der Basis technikdidaktischer Auswahl von Inhalten der Metall- und Maschinentechnik. In: Die berufsbildende Schule 39, S. 152–165.
- [PENN18] Penning Consulting/ forsa (2018): Führungsbarometer 2017 – Teil 3: Veränderungsfähigkeit.
- [PESC87] Peschke, H. (1987): Partizipative Entwicklung und Einführung von Informationssystemen. In: Balzert, H.; Hoppe, H. U.; Oppermann, R.; Peschke, H.; Rohr, G.; Streitz, N. A. (Hrsg.): Einführung in die Software-Ergonomie. Berlin: de Gruyter, S. 299–322.
- [PETE09] Peters, R. (2009): Shopfloor Management – Führen am Ort der Wertschöpfung, Stuttgart: LOG\_X Verlag.
- [PFEI14] Pfeifer, T.; Schmitt, R. (2014): Masing Handbuch Qualitätsmanagement, München: Carl Hanser.
- [PHUS19] Phusion Holding B.V. (2019): Passenger – Enterprise grade web app server for Ruby, Node.js, Python. <https://www.phusionpassenger.com/> (Zugriff am 19.02.2019).
- [PITT11] Pittich, D. (2011): Studie zur Überprüfung des Zusammenhangs von Verständnis und Fachkompetenz bei Auszubildenden des Handwerks: Grundlagenforschung zum Dualen System und Kompetenzentwicklung in der Lehrerbildung. Opladen: Budrich, S. 91–102.
- [POST19] The PostgreSQL Global Development Group (2019): PostgreSQL – The world's most advanced open source database. <https://www.postgresql.org/> (Zugriff am 19.02.2019).
- [PRIN14] Prinz, W. (2014): Konzepte und Lösungen für das soziale Intranet. In: Rogge, C.; Karasch, R. (Hrsg.): Social Media im Unternehmen – Ruhm oder Ruin. Erfahrungslandkarte einer Expedition in die Social Media-Welt. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [PROT19] Protoio Inc. (2019): Proto.io – Prototypes that feel real. <https://proto.io/> (Zugriff am 31.01.2019).
- [PRÜM93] Prümper, J.; Anft, M. (1993): Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung – Ein Fallbeispiel. In: Rödiger, K.-H. (Hrsg.): Software-Ergonomie '93. Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung. Stuttgart: B. G. Teubner, S. 145–156.
- [PTW19] Technische Universität Darmstadt – Institut PTW (2019): Workshops Prozesslernfabrik CiP. <http://www.prozesslernfabrik.de/index.php/training-beratung/workshops> (Zugriff am 13.02.2019).
- [PYTH19] Python Software Foundation (2019): What is Python good for? <https://docs.python.org/3/faq/general.html> (Zugriff am 10.01.2019).
- [RAUE08] Rauen, C. (2008): Coaching, Göttingen: Hogrefe.
- [REIC07] Reiche, M. (2007): Partizipatives Veränderungsmanagement, Aachen: Shaker Verlag.
- [REUS09] Reusch, F. A. (2009): Erste europaweite Studie zum Business-Profit des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP), München: GRIN Verlag.
- [RICH10] Richter, A. (2010): Der Einsatz von Social Networking Services in Unternehmen – Eine explorative Analyse möglicher soziotechnischer Gestaltungsparameter und ihrer Implikationen, Wiesbaden: Gabler.
- [RIJN02] Rijnders, S. (2002): Four routes to continuous improvement – An empirical process typology of CI implementation processes, Enschede, the Netherlands: Twente University Press.
- [ROHD14] Rohde & Schwarz (2014): Synchrones Produktionssystem – „Die 5-Tage-Fabrik“.
- [RÖHR09] Röhrle, J. (2009): Der Mensch im ganzheitlichen Produktionssystem. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung. Berlin: Springer, S. 586–590.

- [ROME10] Romero, C. (2010): Handbook of educational data mining, Boca Raton: CRC Press.
- [ROR19a] RoR (2019): Ruby on Rails 5.2 Release Notes. [https://guides.rubyonrails.org/5\\_2\\_release\\_notes.html](https://guides.rubyonrails.org/5_2_release_notes.html) (Zugriff am 02.01.2019).
- [ROR19b] RoR (2019): Getting Started with Rails. [https://guides.rubyonrails.org/getting\\_started.html](https://guides.rubyonrails.org/getting_started.html) (Zugriff am 19.02.2019).
- [ROSE87] Rosenstiel, L. v. (1987): Motivation durch Mitwirkung, Stuttgart: Schäffer.
- [RÖBL16] Rößler, M. P. (2016): Verfahren zur industriellen Produktionssystemoptimierung unter Berücksichtigung systemimmanenter Unsicherheiten, Aachen: Shaker Verlag.
- [ROTH09a] Rother, M. (2009): Toyota Kata – Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results, New York: McGraw-Hill.
- [ROTH09b] Rother, M.; Shook, J. (2009): Learning to see – Value-stream mapping to create value and eliminate muda, Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- [ROTH15] Rother, M. (2015): Improvement Kata Handbook. [http://www-personal.umich.edu/~mrother/Handbook/Full\\_IK\\_Handbook\\_v32.0.pdf](http://www-personal.umich.edu/~mrother/Handbook/Full_IK_Handbook_v32.0.pdf) (Zugriff am 10.02.2019).
- [ROTH17] Rother, M.; Aulinger, G. (2017): Toyota kata culture – Building organizational capability and mindset through kata coaching, Chennai: McGraw-Hill Education.
- [ROTH18] Rother, M. (2018): The Toyota Kata Practice Guide: Developing Scientific Thinking Skills for Superior Results-in 20 Minutes a Day, Columbus: McGraw-Hill Education.
- [SALE19] salesforce.com inc. (2019): Heroku Dynos. <https://www.heroku.com/dynos> (Zugriff am 19.02.2019).
- [SAMP00] Samphaiboon, N.; Yamada, Y. (2000): Heuristic and Exact Algorithms for the Precedence-Constrained Knapsack Problem. In: Journal of Optimization Theory and Applications 105 3, S. 659–676.
- [SAND15] Sanders, A.; Wulfsberg, J. (2015): Industrie 4.0: Shopfloor Management im Wandel – Konzeptionelle Handlungsempfehlungen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 110 10, S. 653–656.
- [SARO06] Sarodnick, F.; Brau, H. (2006): Methoden der Usability Evaluation – Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung, Bern: Huber.
- [SCHA96] Schader, M.; Rundshagen, M. (1996): Objektorientierte Systemanalyse – Eine Einführung, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [SCHE05] Schelten, A. (2005): Grundlagen der Arbeitspädagogik, Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- [SCHE06] Scheer, A.-W.; Boczanski, M.; Muth, M.; Schmitz, W.-G.; Segelbacher, U. (2006): Prozessorientiertes Product Lifecycle Management, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [SCHE09] Scherrer-Rathje, M.; Boyle, T. A.; Deflorin, P. (2009): Lean, take two! – Reflections from the second attempt at lean implementation. In: Business Horizons 52 1, S. 79–88.
- [SCHM16] Schmidt, T. (2016): Potentialbewertung generativer Fertigungsverfahren für Leichtbauteile, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [SCHM85] Schmidt, E. (1985): Führen und Rationalisieren durch betriebliches Vorschlagswesen, Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- [SCHN08] Schnell, R.; Hill, P. B.; Esser, E. (2008): Methoden der empirischen Sozialforschung, München: Oldenbourg.
- [SCHN11] Schneidermeier, T.; Böhm, P.; Wolff, C. (2011): Der Sonne hinterher – Benutzerzentriertes User Interface Design für einen Solarthermie-Regler. In: Brau, H.; Lehmann, A.; Petrovic, K.; Schroeder, M. C. (Hrsg.): Tagungsband Usability Professionals 2011. Stuttgart: German UPA e.V., S. 82–88.
- [SCHR14] Schrape, N. (2014): Gamification and Governmentality. In: Fuchs, M.; Fizek, S.; Ruffino, P.; Schrape, N. (Hrsg.): Rethinking Gamification. Lüneburg: meson press.
- [SCHR91] Schroeder, D. M.; Robinson, A. G. (1991): America's most successful export to Japan – Continuous Improvement Programs. In: Sloan Management Review 32 3, S. 67–81.

- [SCHU09] Schumacher, J. (2009): Effizientes Störungsmanagement in der Produktion - Manufacturing Execution Systeme zur Störungserkennung und -behebung. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 3, S. 206–209.
- [SCHU12] Schuh, G.; Stich, V. (2012): Produktionsplanung und -steuerung 1 – Grundlagen der PPS, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [SCHW16a] Schwarz, T.; Lindner, A. M. (2016): KATA – Verbesserung zur Routine machen, München: Carl Hanser.
- [SCHW16b] Schwarz-Kocher, M.; Salm, R. (2016): Industriearbeit im Wandel des aktuellen Rationalisierungsparadigmas. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 9 1, S. 5–24.
- [SHAP65] Shapiro, S. S.; Wilk, M. B. (1965): An Analysis of Variance Test for Normality – Complete Samples. In: Biometrika 52 3/4, S. 591.
- [SHAW97] Shaw, D. X.; Cho, G.; Chang, H. (1997): A depth-first dynamic programming procedure for the extended tree knapsack problem in local access network design. In: Telecommunication Systems 7 1/3, S. 29–43.
- [SHAW98] Shaw, D. X.; Cho, G. (1998): The critical-item, upper bounds, and a branch-and-bound algorithm for the tree knapsack problem. In: Networks 31 4, S. 205–216.
- [SHIM04] Shimizu, K. (2004): Reorienting Kaizen Activities at Toyota – Kaizen, Production Efficiency, and Humanization of Work. In: Okayama Economic Review 36 3, S. 1–25.
- [SHNE05] Shneiderman, B.; Plaisant, C. (2005): Designing the user interface – Strategies for effective human-computer interaction, Boston: Pearson.
- [SHOO10] Shook, J. (2010): Managing to learn – Using the A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor and lead, Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- [SIEP16] Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 – Technologische Komponenten. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin, Heidelberg: Gabler Verlag, S. 47–72.
- [SING15] Singh, J.; Singh, H. (2015): Continuous improvement philosophy – literature review and directions. In: Benchmarking: An International Journal 22 1, S. 75–119.
- [SMAL17] Smalley, A. (2017): The Four Types of Problems.
- [SOBE11] Sobek, D. K.; Smalley, A. (2011): Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System, Boca Raton: CRC Press.
- [SOLT04] Soltero, C. (2004): Training Within Industry – Overcoming the Barriers to Improved Environmental Performance. In: Environmental Quality Management 14 1, S. 17–39.
- [SPEA99] Spear, S. J. (1999): The Toyota Production System: An Example of Managing Complex Social/Technical Systems – 5 Rules for Designing, Operating, and Improving Activities, Activity-Connections, and Flow-Paths. Dissertation. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- [SPEC01] Specker, A. (2001): Modellierung von Informationssystemen – Ein methodischer Leitfaden zur Projektabwicklung, Zürich: vdf Hochschul-Verlag an der ETH.
- [SPEC09] Specht, D.; Stefansk, R. (2009): Informationstechnik als Unterstützungsinstrument schlanker Produktionssysteme. In: PPS Management., S. 47–51.
- [SPRI99] Springer, R. (1999): Rückkehr zum Taylorismus? – Arbeitspolitik in der Automobilindustrie am Scheideweg, Frankfurt/Main: Campus.
- [SQLI19] SQLite Consortium (2019): SQLite Home Page. <https://www.sqlite.org/index.html> (Zugriff am 19.02.2019).
- [SRIK90] Srikin, H.; Stalk, G. (1990): Fix the process, not the problem, Cambridge: Harvard Business Review.
- [STAN06] Standridge, C.; Marvel, J. (2006): Why Lean Needs Simulation: Proceedings of the 38th conference on Winter simulation: Winter Simulation Conference, S. 1907–1913.
- [STAN14] Stanton, N. A.; Young, M. S.; Harvey, C. (2014): Guide to Methodology in Ergonomics – Designing for Human Use, Second Edition, Hoboken: Taylor and Francis.
- [STAP07] Stapelkamp, T. (2007): Screen- und Interfacedesign Gestaltung und Usability für Hard-

- und Software, Berlin: Springer.
- [STAU15] Staufen AG (2015): Deutscher Industrie 4.0 Index 2015 – Industrie 4.0 und Lean, Königen.
- [STEC88] Steck, K. E.; Kim, I. (1988): A study of FMS part type selection approaches for short-term production planning. In: *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 1 1, S. 7–29.
- [STEM15] Stemplinger, C. T.; Mohn, T.; Winkler, H. (2015): Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) Fallstudie zur Entwicklung eines KVP-Implementierungsmodells unter Berücksichtigung des operativen Spannungsfelds im Tagesgeschäft von Produktionsabteilungen. In: *Industrie Management* 31 3, S. 73–77.
- [STIE17] Stieglitz, S. (2017): Enterprise Gamification – Vorgehen und Anwendung. In: Strahringer, S.; Leyh, C. (Hrsg.): *Gamification und Serious Games. Grundlagen, Vorgehen und Anwendungen*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [STRA98] Strauss, G. (1998): Participation Works – If conditions are Appropriate. In: Heller, F.; Pusic, E.; Strauss, G.; Wilpert, B. (Hrsg.): *Organizational Participation. Myth and Reality*. Oxford: OUP Oxford.
- [STRU11] Struckmeier, A. (2011): Warum „gutes Aussehen“ nicht immer von Vorteil ist – Über den Einfluss der optischen Gestaltung von Prototypen auf das Nutzerverhalten im Usability-Test. In: Brau, H.; Lehmann, A.; Petrovic, K.; Schroeder, M. C. (Hrsg.): *Ta- gungsband Usability Professionals 2011*. Stuttgart: German UPA e.V., S. 120–127.
- [STUD19] Studienbüro FB Rechts- und Wirtschaftswissenschaften (2019): Abschlussarbeiten – Technische Universität Darmstadt. [https://www.wi.tu-darmstadt.de/studium\\_rw/studienbuero\\_rw/abschlussarbeiten\\_rw/index.de.jsp](https://www.wi.tu-darmstadt.de/studium_rw/studienbuero_rw/abschlussarbeiten_rw/index.de.jsp) (Zugriff am 02.03.2019).
- [STUR00] Sturzebecher, D. (2000): A portable and flexible Framework for CSCW Systems. Dissertation. Technischen Universität Braunschweig, Braunschweig.
- [SUZA93] Suzaki, K. (1993): *The new shop floor management – Empowering people for continuous improvement*: The Free Press.
- [SYSK06] Syska, A. (2006): Lean Production Controlling. In: *Industrie Management* 22 4, S. 33–36.
- [TAKE13] Takeda, H. (2013): *Das synchrone Produktionssystem – Just-in-time für das ganze Unternehmen*, München: Vahlen.
- [TALI11] Talib, F.; Rahman, Z.; Qureshi, M. N. (2011): Analysis of interaction among the barriers to total quality management implementation using interpretive structural modeling approach. In: *Benchmarking: An International Journal* 18 4, S. 563–587.
- [TARL05] Tarlatt, A.; Schulte, K.; Goertz, H.; Wolters, G.; Rigall, J. (2005): *Change Management für Konzerne – Komplexe Unternehmensstrukturen erfolgreich verändern*, Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- [TAYL11] Taylor, F. W. (1911): *The principles of scientific management*.
- [TEEC97] Teece, D. J.; Pisano, G.; Shuen, A. (1997): Dynamic capabilities and strategic management. In: *Strategic Management Journal* 18 7, S. 509–533.
- [TEIC08] Teich, I.; Kolbenschlag, W.; Reiners, W. (2008): *Der richtige Weg zur Softwareauswahl – Lastenheft, Pflichtenheft, Compliance, Erfolgskontrolle*, Berlin: Springer.
- [TENB11a] Tenberg, R. (2011): *Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen – Theorie und Praxis der Technikdidaktik*, Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- [TENB11b] Tenberg, R. (2011): *Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen – Theorie und Praxis der Technikdidaktik*, Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- [TERV19] Tervene Inc. (2019): What we offer – Tervene. <https://tervene.com/what-we-offer/> (Zugriff am 16.01.2019).



- [TISC14] Tisch, M.; Hertle, C.; Metternich, J.; Abele, E. (2014): Lernerfolgsmessung in Lernfabriken. Kompetenzorientierte Weiterentwicklung praxisnaher Schulungen. In: *Industrie Management*. 30(3), S. 20–24.
- [TISC16] Tisch, M.; Hertle, C.; Abele, E.; Metternich, J.; Tenberg, R. (2016): Learning factory design: a competency-oriented approach integrating three design levels. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 29 12, S. 1355–1375.
- [TISC18] Tisch, M. (2018): *Modellbasierte Methodik zur kompetenzorientierten Gestaltung von Lernfabriken für die schlanke Produktion*, Aachen: Shaker Verlag.
- [TOYO01] Toyota Motor Corporation (2001): Toyota Way 2001. [http://www.toyota-global.com/company/history\\_of\\_toyota/75years/data/conditions/philosophy/toyotaway2001.html](http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/data/conditions/philosophy/toyotaway2001.html) (Zugriff am 03.01.2018).
- [ULIC05] Ulich, E. (2005): *Arbeitspsychologie*, Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- [ULRI76] Ulrich, P.; Hill, W. (1976): Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. In: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 5 7 und 8, 304–350.
- [ULRI81] Ulrich, H. (1981): Die Betriebswirtschaftslehre als anwendungsorientierte Sozialwissenschaft. In: Geist, M. N.; Köhler, R. (Hrsg.): *Die Führung des Betriebes*. Curt Sandig zu seinem 80. Geburtstag gewidmet. Stuttgart: Poeschel.
- [ULRI84] Ulrich, H. (1984): *Management – Herausgegeben von Thomas Dyllick und Gilbert J. B. Probst*, Bern & Stuttgart: Haupt.
- [UPAD10] Upadhye, N.; Deshmukh, S. G.; Garg, S. (2010): Lean manufacturing in biscuit manufacturing plant – a case. In: *International Journal of Advanced Operations Management* 2 1-2, S. 108–139.
- [VASI17] Vasile, E.; Simion, D. O. (2017): *The Management of Businesses through Information Systems*.
- [VDI04] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 2226:2004-06: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*.
- [VDI08] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 4499 Blatt 1:2008-02: *Digitale Fabrik – Grundlagen*.
- [VDI12] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 3633 Blatt 1:2014-12: *Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Grundlagen*.
- [VDI12] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 2870 Blatt 1:2012-07: *Ganzheitliche Produktionssysteme – Grundlagen, Einführung und Bewertung*.
- [VDI15] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 4499 Blatt 4:2015-03: *Digitale Fabrik – Ergonomische Abbildung des Menschen in der Digitalen Fabrik*.
- [VDI16] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 5600 Blatt 1:2016-10: *Fertigungsmanagementsysteme (Manufacturing Execution Systems - MES)*.
- [VDI93] VDI Verein deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 2221:1993-05: *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*.
- [VOSS05] Voss, C. A. (2005): Paradigms of manufacturing strategy re-visited. In: *International Journal of Operations & Production Management* 25 12, S. 1223–1227.
- [VOSS95] Voss, C. A. (1995): Alternative paradigms for manufacturing strategy. In: *International Journal of Operations & Production Management* 15 4, S. 5–16.
- [WALT08] Walter, T. (2008): *Kompendium der Web-Programmierung – Dynamische Web-Sites*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [WAND93] Wandmacher, J. (1993): *Software-Ergonomie*, Berlin: de Gruyter.
- [WANK16] Wank, A.; Adolph, S.; Anokhin, O.; Arndt, A.; Anderl, R.; Metternich, J. (2016): Using a Learning Factory Approach to Transfer Industrie 4.0 Approaches to Small- and Medium-sized Enterprises. In: *Procedia CIRP* 54, S. 89–94.
- [WEIN01] Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen*.

- Weinheim: Beltz, S. 17–31.
- [WEST13] Westkämper, E.; Spath, D.; Constantinescu, C. (2013): Digitale Produktion, Berlin: Springer.
- [WEYE11] Weyer, J. (2011): Soziale Netzwerke – Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung, Oldenbourg: de Gruyter.
- [WHAL94] Whalen, M. J.; Rahim, M. A. (1994): Common barriers to implementation and development of TQM. In: *Industrie Management - Chicago then Atlanta* 36, S. 2–19.
- [WILD08] Wildemann, H. (2008): Visualisierung & Auditierung, München: TCW-Verlag.
- [WILD15] Wild, E.; Möller, J. (2015): Pädagogische Psychologie, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [WILD99] Wildemann, H. (1999): Lean-management – Strategien zur Erreichung wettbewerbsfähiger Unternehmen, Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Zeitung.
- [WIRT02] Wirtz, M.; Caspar, F. (2002): Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität – Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen, Göttingen: Hogrefe.
- [WOLF13] Wolff, M. (2013): Methode zur Wertstromoptimierung mittels simulativer Bewertung von Handlungsalternativen, Aachen: Shaker Verlag.
- [WOMA91] Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. (1991): The machine that changed the world – The story of lean production, New York: Harper Perennial.
- [WOOL94] Woolley, B. (1994): Die Wirklichkeit der virtuellen Welten, Basel: Birkhäuser.
- [WTO18] WTO (2018): Wert der Exporte von Dienstleistungen aus Deutschland von 2005 bis 2017 (in Milliarden US-Dollar). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/15826/umfrage/deutschland-export-dienstleistungen/> (Zugriff am 22.10.2018).
- [YUKL13] Yukl, G. A. (2013): *Leadership in organizations*, Boston: Pearson.
- [ZIMM17] Zimmermann, J. (2017): Entwicklung eines Kategorisierungssystems für Probleme von Lean Produktion zum zielgerichteten Einsatz von Elementen der Digitalisierung im Zuge von Industrie 4.0. Studienarbeit. TU Darmstadt, Darmstadt.
- [ZINK07] Zink, K. J. (2007): Mitarbeiterbeteiligung bei Verbesserungs- und Veränderungsprozessen – Basiswissen, Instrumente, Fallstudien, München: Hanser.

## A Anhang

### A.1 Übersicht über die Teilhypothesen von H2

Die tiefgestellten Elemente *Wiss*, *Hand* und *Pot* verweisen jeweils auf das angewendete Messinstrument mit dem die Hypothese bestätigt werden soll (vgl. Kap. 5.1.3.2).

**Tab. 19: Teilhypothesen von H2**

Nr.	Problem	Nr.	Teilhypothese
P1	Wissen über Philosophie, Ziele und den unternehmensinternen Ablauf des KVP	H2.1 <sub>Wiss</sub>	Das Wissen über Philosophie, Ziele und den unternehmensinternen Ablauf des KVP ist im digitalen KVP mehr ausgeprägt.
P2	Standardisierte Abläufe und Routinen im KVP	H2.2 <sub>Pot</sub>	Der digitale KVP ist zur Entwicklung von Routinen besser geeignet
P3	Umgang von Führungskräften mit KVP-Maßnahmen und Lösungen	H2.3 <sub>Hand</sub>	Mit dem digitalen KVP werden weniger oder keine Lösungen durch Führungskräfte vorgegeben
P4	Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Führungskräften und Beschäftigten	H2.4 <sub>Pot</sub>	Beim digitalen KVP funktioniert die Kommunikation zwischen Führungskräften und Beschäftigten besser
		H2.4 <sub>Hand</sub>	Beim digitalen KVP wird die Kommunikation öfter oder immer mit Hilfe der Coachingroutine eingehalten
P5	Bearbeitung von Verbesserungspotentialen und Maßnahmen	H2.5 <sub>Hand1</sub>	Beim digitalen KVP werden Probleme öfter oder immer einzeln behandelt
		H2.5 <sub>Hand2</sub>	Beim digitalen KVP werden Lösungshypothesen öfter oder immer aufgestellt
		H2.5 <sub>Hand3</sub>	Beim digitalen KVP werden öfter oder immer Experimente vor der Umsetzung einer Lösung durchgeführt
		H2.5 <sub>Pot</sub>	Beim digitalen KVP kann die Ursachenanalyse und Problemlösung schneller durchgeführt werden

P6	Stabilisieren und Standardisieren von Verbesserungsmaßnahmen	H2.6 <sub>Pot</sub>	Der digitale KVP kann besser vereinheitlicht und standardisiert werden
P7	Aufgabenverteilung und Rollendefinition	H2.7 <sub>Hand1</sub>	Beim digitalen KVP wird die Coachingroutine von der Führungskraft öfter oder immer korrekt ausgeführt
		H2.7 <sub>Hand2</sub>	Beim digitalen KVP führt der Prozessverbesserer Verbesserungen öfter oder immer mit Hilfe der Verbesserungsroutine durch
P8	Standardisierte Dokumente und Formblätter	H2.8 <sub>Hand</sub>	Beim digitalen KVP werden die standardisierten Dokumente und Formblätter besser genutzt
		H2.8 <sub>Pot1</sub>	Der digitale KVP kann im Unternehmen besser verbreitet werden
		H2.8 <sub>Pot2</sub>	Beim digitalen KVP ist der Lernfortschritt der Beschäftigten größer
		H2.8 <sub>Pot3</sub>	Beim digitalen KVP ist die Benutzerfreundlichkeit des KVP-Systems ist besser
P9	Messbarkeit des KVP-Erfolgs	H2.9 <sub>Pot</sub>	Beim digitalen KVP kann der Erfolg von KVP-Maßnahmen besser gemessen/dargestellt werden
P10	Zieldefinition	H2.10 <sub>Hand</sub>	Beim digitalen KVP ist der Zielzustand öfter oder immer vollständig vorhanden
		H2.10 <sub>Pot</sub>	Mit dem digitalen KVP können strategische Unternehmensziele besser erreicht werden
P11	Aufbau und Pflege des KVP-Systems	H2.11 <sub>Pot</sub>	Beim digitalen KVP ist der Aufwand für den Aufbau und die Pflege der KVP-Infrastruktur geringer

## A.2 Bewertungsmatrix für die Delphi-Studie

Die finale Matrix nach der dritten Befragungsrunde mit den  $n = 10$  KVP-Experten aus den Unternehmen.

Tab. 20: Finale Bewertungsmatrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Prozessstabilität & Standards	Wertstromanalyse & Prozessskizzen	Wissensmanagement	Dokumentation	KVP-Prozess Kennzahlen	IST-Zustand	Ziel-Zustand	1-Faktor Experimente	Kompetenzentwicklung	Bewertung der Verbesserung	PDCA Zyklus	Motivation	Unternehmensstrategie & Leitbild	Unternehmensorganisation	Coaching	Anerkennung
	1	2	1	1	1	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0
	CIM	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1
	IT-Systeme in Geschäftsprozessen	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
	Digitale Fabrik	3	3	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0
	Datenerfassung in der Produktion	4	3	1	2	2	2	2	1	2	2	1	0	1	1	1
	Digitale Zusammenarbeit	5	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
	KVP- und Lerndatenauswertung	6	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1
	Datenspeicherung und -zugriff	7	2	3	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1
	Gamification und Social Media	8	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2
	Visualisierungen	9	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1



#### A.4 Finale Auswahlmatrix für das PCKP

### Tab. 22: Finale Auswahlmatrix

[illegible]

## A.5 Weitere Teilprozesse der KVP-Methodik

Im Folgenden werden die weiteren TP der KVP-Methodik aus Kap. 4.4.1 dargestellt:

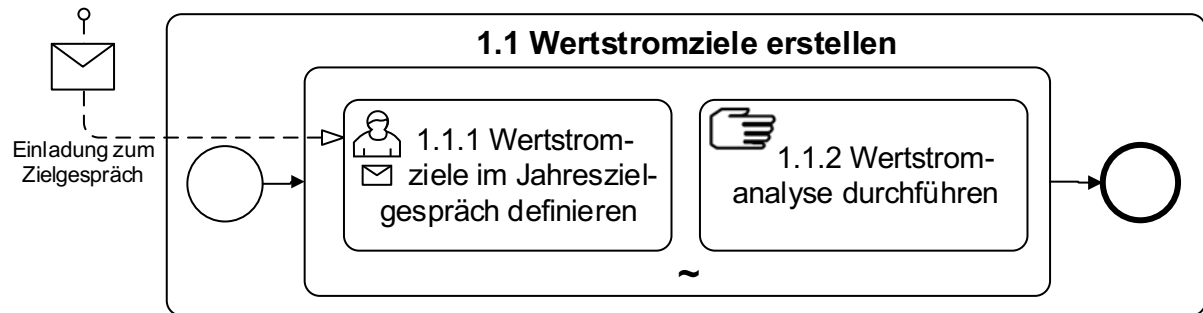


Abb. 59: TP 1.1 Wertstromziele erstellen

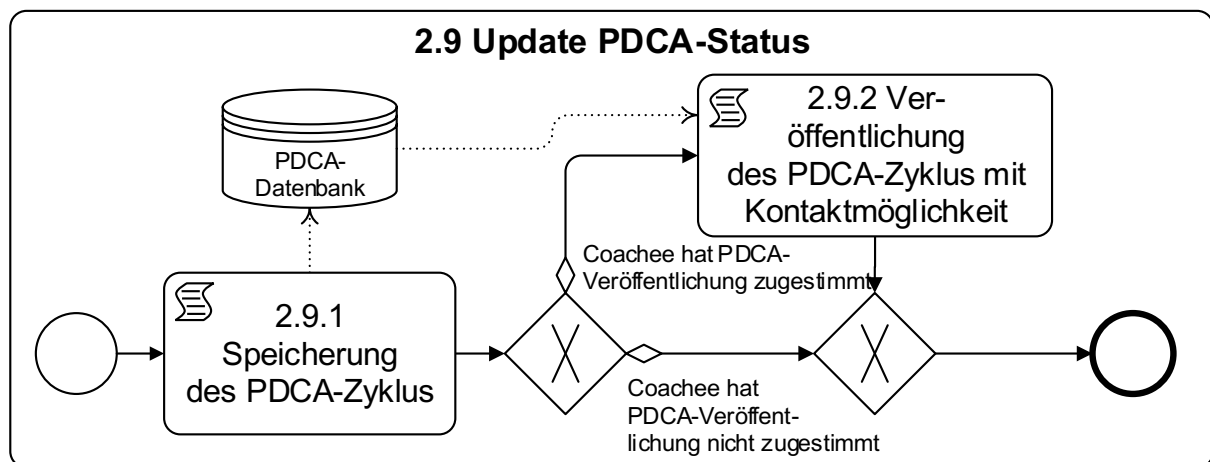


Abb. 60: TP 2.9 Update PDCA-Status

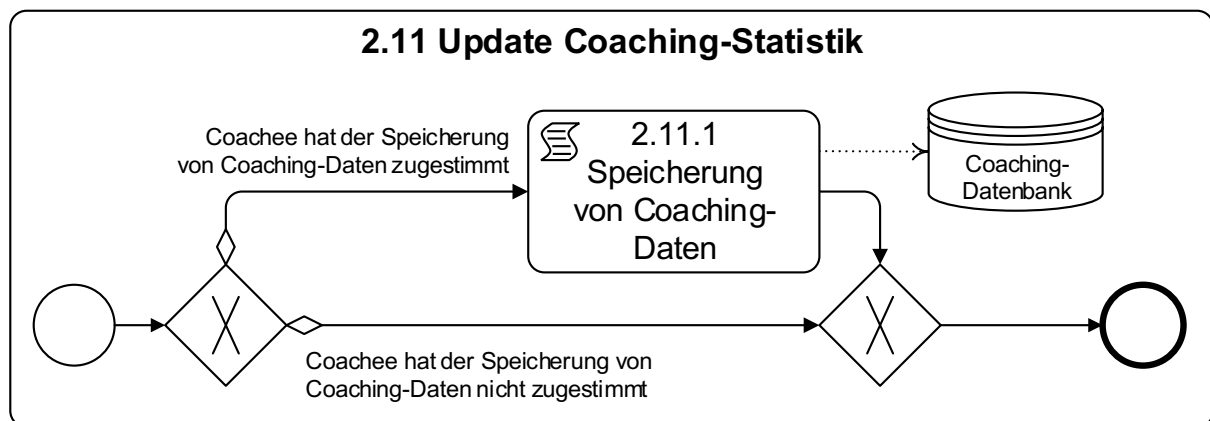


Abb. 61: TP 2.11 Update Coaching-Statistik



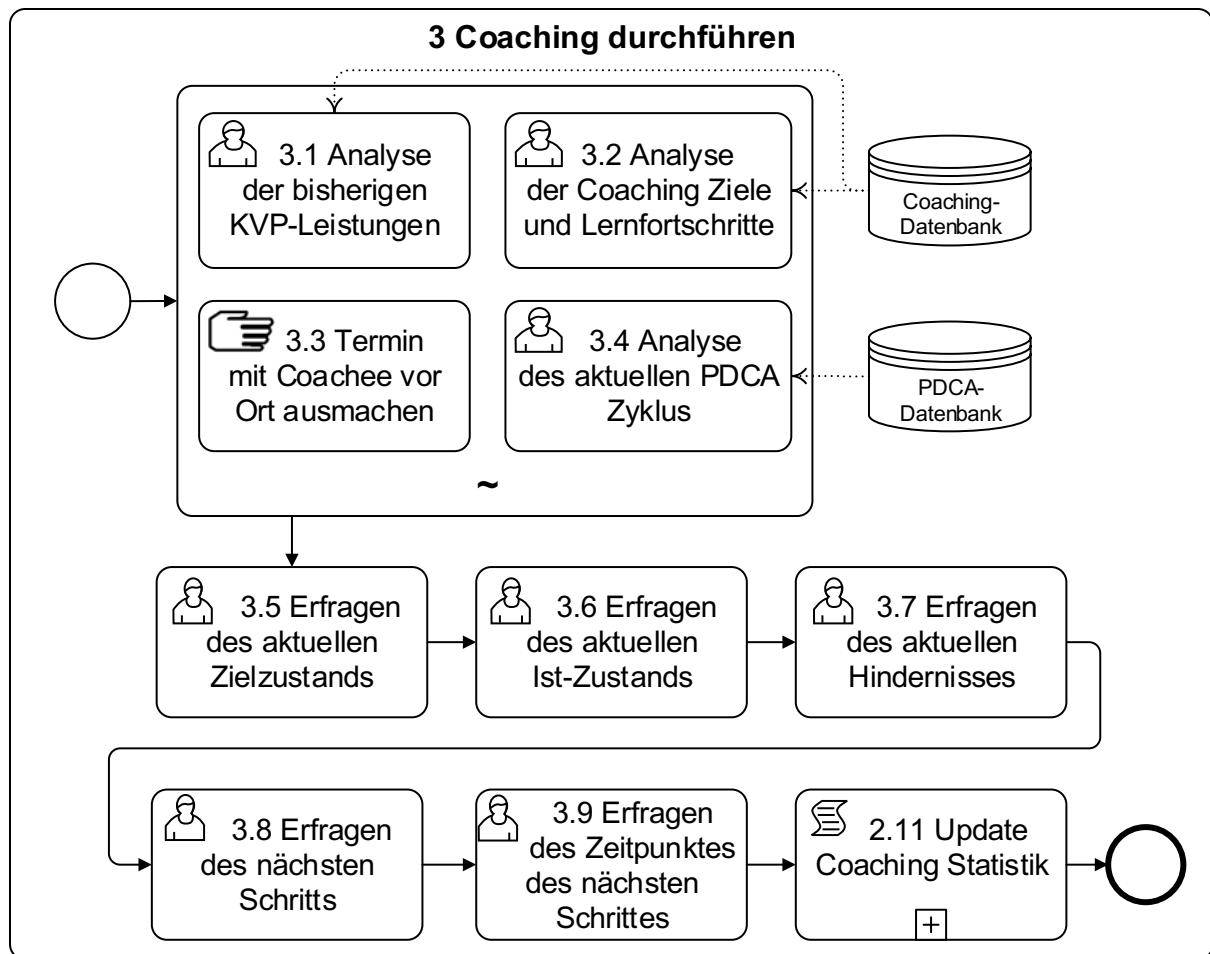


Abb. 62: TP 3 Coaching durchführen

## A.6 Handlungsleitfäden für die Nutzerstudie mit dem Prototypen

### Szenario 1: Coach

*Szene 1: Wertstromanalyse, Wertstromdesign*

*Gerät: Tablet*

*Startereignis: Es wurden neue Wertstromziele definiert*

1. Führen Sie eine Wertstromanalyse durch und erstellen Sie eine Wertstrommap des Ist-Zustandes.
2. Entwickeln Sie ein Wertstromdesign für die neuen Wertstromziele und erstellen Sie eine Wertstrommap des Zielzustandes.

*Szene 2: Zielzustand für den Bereich Montage/ QS/ Versand erstellen*

*Gerät: Tablet*

1. Überprüfen Sie die KVP-Leistungen von Ihrem Coachee bevor Sie sich mit ihm treffen, um mit ihm einen Zielzustand für seinen Bereich zu erstellen.

2. Schätzen sie anhand der KVP-Leistungen des Coachees ab, wie erfahren der Coachee im Durchführen von Verbesserungsrouinen ist.

*Gerät: Interaktives Whiteboard*

3. Präsentieren Sie dem Coachee die Ziele für den Bereich Montage/ QS/ Versand aus dem Wertstromdesign.
4. Erstellen Sie ein geeignetes Formblatt.
5. Definieren Sie zusammen mit dem Coachee einen Zielzustand für den Bereich Montage/ QS/ Versand. Beziehen Sie den Coachee mit ein und achten Sie darauf, dass der Zielzustand eine angemessene Herausforderung für den Coachee darstellt.

*Endereignis: Es wurde ein Zielzustand für den Bereich Montage/QS/Versand erstellt*

*Szene 3: Coaching-Zyklus*

*Gerät: Interaktives Whiteboard*

*Startereignis: Der Coachee hat den ersten PDCA-Zyklus (Analyse des Ist-Zustandes) abgeschlossen und den nächsten Schritt geplant.*

1. Starten Sie einen Coaching-Zyklus mit dem Coachee.
2. Führen Sie einen Coaching-Zyklus nach den 5 Fragen für den Coach durch.
3. Beenden Sie den Coaching-Zyklus und dokumentieren Sie Ihre positiven und negativen Beobachtungen zum Vorgehen des Coachees in den KVP-Leistungen des Coachees.

## **Szenario 2: Coachee**

*Szene 1: Zielzustand für den Bereich Montage/QS/Versand erstellen*

*Gerät: Interaktives Whiteboard*

*Startereignis: Der Coachee trifft sich mit Ihnen, um mit Ihnen einen Zielzustand für Ihren Bereich zu erstellen.*

1. Finden Sie heraus, was genau die Ziele für Ihren Bereich sind.
2. Beteiligen Sie sich aktiv an der Erstellung des Zielzustandes. Achten Sie darauf, dass Sie der Zielzustand weder unter- noch überfordert.

*Endereignis: Es wurde ein Zielzustand für den Bereich Montage/ QS/ Versand erstellt*

*Szene 2: Plan*

*Gerät: Tablet*

*Startereignis: Es wurde ein Zielzustand definiert. Im ersten PDCA-Zyklus wurde das*

*Hindernis „Fehlen einer präzisen Beschreibung des Ist-Zustandes“ beseitigt. Eine präzise Beschreibung des Ist-Zustandes ist vorhanden.*

1. Starten Sie einen neuen PDCA-Zyklus.
2. Betrachten Sie die Beschreibung des Ist-Zustandes und vergleichen Sie diese mit dem Zielzustand.
3. Identifizieren Sie Abweichungen zwischen Ist- und Zielzustand. Formulieren sie zu jeder Abweichung jeweils ein Hindernis und entscheiden Sie, welches Hindernis Sie als nächstes bearbeiten möchten.
4. Stellen Sie eine Lösungshypothese auf.
5. Konzipieren Sie ein Experiment zur Überprüfung der Lösungshypothese.

*Szene 2: Coaching-Zyklus*

*Gerät: Interaktives Whiteboard*

1. Beantworten Sie die Fragen des Coaches und beziehen Sie sich stets auf die Inhalte ihrer Dokumentation.

*Szene 3: Do, Check, Act*

*Gerät: Tablet*

1. Führen Sie das Experiment durch und dokumentieren Sie die Ergebnisse.
2. Bewerten Sie ihre Ergebnisse und entscheiden Sie, ob das Experiment erfolgreich war.
3. Passen Sie den Standard an oder fügen Erkenntnisse zum Zielzustand hinzu.

## A.7 Dokumentationsvorlage für die Nutzerstudie mit dem Prototypen

### Aufgabenangemessenheit

Ein Computerprogramm ist aufgabenangemessen, wenn es zur Erledigung Ihrer konkreten Tätigkeit brauchbar ist. „Brauchbar“ bedeutet, dass alle Tätigkeiten, die Sie erledigen müssen, vom Programm unterstützt werden und Ihnen das Programm dabei wirklich eine Hilfe und kein nötiges Übel ist, das Ihre Arbeit in manchen Situationen eher erschwert oder umständlicher macht.

*Enthält das Programm alle für Ihre Aufgabe benötigten Funktionen?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Bitte benennen Sie den Arbeitsschritt, bei dem Sie sich wünschen würden, dass das Programm „mehr kann“, als gerade möglich ist.

*Müssen Sie Eingaben oder Dialogschritte machen, die eigentlich überflüssig wären?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: Bitte benennen Sie die in ihren Augen überflüssigen Eingaben und Dialogschritte.

*Ist es Ihnen möglich, das wiederholte Eingeben von Daten oder Texten zu vereinfachen?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: In welcher Situation würden Sie sich wünschen, dass Sie nicht so oft dasselbe eingeben müssten?

*Finden Sie, dass der erforderliche Aufwand für Ihr Arbeitsergebnis jeweils angemessen ist?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: In welcher Situation haben Sie schon mal gedacht: „Das könnte man auch mit weniger Aufwand bewerkstelligen.“

*Haben Sie das Gefühl, dass Sie Arbeiten machen müssen, die besser das Programm erledigen sollte?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: Bitte benennen Sie diese Arbeiten.

*Müssen Sie Werte und Texte eingeben, die der Computer eigentlich wissen könnte?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: Bitte beschreiben Sie die Situationen, in denen Sie sich zum Beispiel denken: „Das müsste der Computer jetzt eigentlich wissen, wieso muss ich das noch einmal hinschreiben?“

*Passt das Programm zu Ihren Formularen und bisherigen Formaten?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

wenn *nein*: Benennen Sie die Tätigkeit, bei der das Programm nicht zu Ihren Papierunterlagen oder Formaten passt.

### **Selbstbeschreibungsfähigkeit**

Ein Computerprogramm ist selbstbeschreibungsfähig, wenn Sie jederzeit informiert sind, was der Computer gerade macht und was er als nächstes von Ihnen als Eingabe

oder Reaktion erwartet. Dies bedeutet unter anderem, dass Sie alle Rückmeldungen verstehen können, immer wissen, wo Sie als nächstes etwas eingeben müssen und sich jederzeit klar über die Folgen sind, die eine Eingabe von Ihnen haben wird.

*Sind die Informationen, die zur Erledigung der Aufgabe notwendig sind, auf dem Bildschirm übersichtlich verfügbar?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Nennen Sie bitte die Informationen, die Sie benötigen, aber nicht „auf einen Blick“ zur Verfügung stehen.

*Können Sie bei der Arbeit mit dem Programm erkennen, welche Eingabe als nächstes von Ihnen erwartet wird?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Schildern Sie bitte kurz die Situation, in der Sie unsicher sind, was als nächstes bei der Arbeit mit dem Computer zu tun ist.

*Sind die Meldungen des Systems für Sie immer verständlich?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Nennen Sie die Situationen, in denen Ihnen unverständliche Meldungen aufgefallen sind.

### **Steuerbarkeit**

Ein Computerprogramm ist steuerbar, wenn Sie als Benutzer die Abfolge der Arbeitsschritte weitgehend selbst bestimmen können. Wenn es die Arbeitssituation erfordert, können Sie die Arbeit am Computer unterbrechen und diese dann ohne Verlust der bis dahin erreichten Arbeitsergebnisse wiederaufnehmen.

*Können Sie Ihre Arbeitsschritte in der Reihenfolge erledigen, die Ihnen am sinnvollsten erscheint?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Nennen Sie bitte Arbeitsschritte, bei denen Ihnen eine andere Reihenfolge sinnvoller erscheinen würde.

*Macht das Programm manchmal etwas, ohne dass Sie es zu dem Zeitpunkt wollen?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: Nennen Sie bitte das Verhalten des Programms, das ungewollt auftritt.

*Können Sie einen Arbeitsschritt wieder zurücknehmen, wenn es für Ihre Aufgabenerledigung zweckmäßig ist?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Nennen Sie bitte die Situationen, in denen es aus Ihrer Sicht zweckmäßig wäre, einen Arbeitsschritt wieder ungeschehen machen zu können.

*Fühlen Sie sich in Ihrem Arbeitstempo durch das Programm manchmal gebremst, z. B. durch zu lange Wartezeiten?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: Beschreiben Sie bitte die Situationen, in denen Sie gerne zügiger arbeiten würden.

### **Erwartungskonformität**

Ein Computerprogramm ist erwartungskonform, wenn Sie bei der Arbeit mit dem Computer keine „Überraschungsmomente“ erleben. Solche Momente können zum Beispiel sein, dass sich eine Funktion an einer ganz anderen Stelle im Menü befindet, als Sie gedacht hätten, oder dass Aufgaben nicht, wie Sie es gewohnt sind, ausgeführt werden können.

*Finden Sie Menüpunkte oder Funktionen dort, wo sie Ihrer Meinung nach auch sein sollten?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Nennen Sie bitte die konkrete Stelle im Menü oder in einer anderen Übersicht, in der die Anordnung der Information nicht Ihren Erwartungen entspricht.

*Sind Sie manchmal überrascht, wie das Programm auf Ihre Eingabe reagiert?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *ja*: Beschreiben Sie die Situationen, in denen Sie über die Reaktionen des Systems erstaunt sind.

### **Individualisierbarkeit**

Ein Computerprogramm ist individualisierbar, wenn Sie Einstellungen des Programms an Ihre individuellen Bedürfnisse anpassen können.

*Können Sie am Computer alles so einstellen, dass Ihnen das Lesen und Arbeiten leichter*

*fällt?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Nennen Sie die Stellen, bei denen Ihnen das Arbeiten mit dem Programm schwerfällt.

### Lernförderlichkeit

Ein Computerprogramm ist lernförderlich, wenn es Ihnen unter anderem ermöglicht, selbständig einfach mal „rumzuprobieren“, ohne dass Sie Angst haben müssen, etwas „kaputt“ zu machen. Zusätzlich sollten Sie durch das Programm die für Sie relevanten Informationen erhalten, die Sie Ihrer Meinung nach benötigen, um das Programm besser zu verstehen.

*Ermöglicht Ihnen das Programm, auch einmal etwas gefahrlos auszuprobieren?*

☐ Ja      ☐ Nein      ☐ keine Aussage möglich

Wenn *nein*: Beschreiben Sie bitte die „Strafen“, die Sie von dem Programm durch „Rumprobieren“ schon bekommen haben.

*Der letzte Teil des Fragebogens ist für Ihre individuellen Anmerkungen reserviert. Hier ist Platz für weitere Kritik an dem Computerprogramm oder für die Probleme, die Sie bei der Beantwortung der Fragen nicht losgeworden sind.*

## A.8 Zugangsdaten und Verwendung des KVP-Boards

Neben dem KVP-Prototypen unter <http://prototyp.digital-kvpboard.de>, kann auch eine Demoversion des finalen digitalen KVP-Boards unter <http://demo.digital-kvpboard.de> aufgerufen werden. Die Zugangsdaten für die einzelnen Rollen finden sich in der folgenden Tab. 23.

**Tab. 23: Zugangsdaten für die Demo des digitalen KVP-Boards**

Rolle	Benutzername	Passwort
Manager	manager@kvp	kvp4all
Coach	coach@kvp	kvp4all
Coachee	coachee1@kvp	kvp4all
Coachee	coachee2@kvp	kvp4all

Der Coach ist für beide Coachees zuständig. Da das digitale KVP-Board unter der Adresse im Demomodus läuft, werden alle in das Board eingetragenen Daten einmal pro Stunde zurückgesetzt.

## A.9 Handlungsleitfäden für die Nutzerstudie mit dem KVP-Board **Szenario 0: Einführung**

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Rufen Sie die KVP-Board Webseite auf und registrieren Sie sich.
2. Loggen Sie sich anschließend ein und machen sich mit der Benutzeroberfläche und der Funktionsweise vertraut und legen Sie ein beliebiges Profilbild fest.
3. Melden Sie sich anschließend aus Ihrem Benutzerkonto ab.

### **Szenario 1: Coach**

*Szene 1: Wertströme verwalten*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

*Startereignis: Es wurden neue Wertstromziele definiert*

1. Loggen Sie sich mit folgenden Nutzerdaten als Coach ein:
  - Nutzername: coach@dummy.de
  - Passwort: kvp4all
2. Rufen Sie die Wertstromübersicht auf und legen sie einen neuen Wertstrom *Prozesslernfabrik CIP* an:
  - Wertstrom-Name: Prozesslernfabrik CIP
  - Beschreibung: Freier Text
  - Bilder für Ist- und Zielwertstrom
3. Geben Sie diesen Wertstrom anschließend für den Coach *Jens Hambach* frei, damit auch er in der Prozesslernfabrik als Coach agieren kann.
4. Anschließend können Sie den Wertstrom *Wertlosstrom* löschen, da er nicht mehr benötigt wird.

*Szene 2: Teilprozesse/ Teams verwalten*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Als nächstes muss ein Team für die Prozesslernfabrik erstellt werden:
  - Team-Name: Freier Text
  - Team-Beschreibung: Freier Text
  - Bild



2. Fügen Sie den Mitarbeiter *Dummy-Coach* dem Team hinzu.
3. Legen Sie nun für den zuvor erstellten Teilprozess drei beliebige neue Prozesseigenschaften (2x quantitativ, 1x qualitativ) an.

*Endereignis: Es wurde ein vollständiger Wertstrom für die Prozesslernfabrik CIP erstellt*

*Szene 3: Zielzustand verwalten*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Erstellen Sie nun für das einzige Teammitglied einen Zielzustand, der mindestens zwei der angelegten Prozesseigenschaften miteinbezieht.
2. Öffnen Sie anschließend den bereits erreichten Zielzustand *Ausschuss minimieren* und setzen diesen zurück.

*Endereignis: Es wurde ein vollständiger Zielzustand für den Wertstrom der Prozesslernfabrik CIP erstellt*

*Szene 4: Coaching durchführen*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Öffnen Sie nun die Coaching Übersicht und warten Sie, bis von dem Mitarbeiter *Dummy Coach* eine Coaching-Anfrage erhalten.
2. Legen Sie für diese den Zeithorizont zum Lösen des Problems fest.
3. Vermerken Sie dies im Coaching-Logbuch.

*Szene 5: Statistiken ansehen*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

*Startereignis: Es wurde mindestens ein PDCA-Zyklus vollständig durchlaufen*

1. Betrachten Sie die graphisch dargestellte Entwicklung der Erfolgsquote der durchgeführten PDCAs der durch Sie betreuten Teams.

## **Szenario 2: Coachee**

*Szene 1: PDCA-Vorbereitung*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Rufen Sie die PDCA Übersicht auf und schauen einen bereits abgeschlossenen PDCA-Zyklus an und machen sich mit den verschiedenen Phasen vertraut.
2. Aktualisieren sie in der Planungs-Phase *Übersicht über den Zielzustand* einen beliebigen Ist-Wert einer Prozesseigenschaft.
3. Gleichen Sie hierfür ab, ob von der B&R APROL-Schnittstelle ein Live-Wert zur

Verfügung gestellt wird.

### *Szene 2: PDCA*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

*Startereignis: Es wurde ein vollständiger Zielzustand für den Wertstrom der Prozesslernfabrik CIP erstellt*

1. Gehen Sie zurück auf die PDCA-Übersicht und starten Sie einen neuen PDCA-Zyklus für einen offenen Zielzustand.
2. Wechseln sie in die Übersicht des neu gestarteten PDCAs.
3. Stellen Sie die Privatsphäre-Einstellungen auf *sichtbar*.
4. Starten Sie mit Phase *Plan* des PDCAs.
5. Ermitteln Sie die Ist-Werte für die Prozesseigenschaft des Zielzustands und speichern Sie diese.
6. Wählen Sie ein quantitatives Hindernis aus und gehen über in Phase *Do*.
7. Erstellen Sie eine Coaching-Anfrage für den aktuell laufenden Zyklus bevor Sie das Experiment abschließen.
8. Führen Sie das Experiment mit drei Wiederholungen durch.
9. Ergänzen Sie das Experiment manuell um drei weitere Datenpunkte.
10. Schließen Sie die Phasen *Check* und *Act* ab und beenden Sie den aktuellen PDCA. Hierbei können Sie davon ausgehen, dass der Zielzustand erreicht wurde.
11. Kehren sie auf die PDCA-Übersicht zurück und starten Sie einen weiteren PDCA Zyklus.

### *Szene 3: Statistik*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Schauen sie in der Statistik nach wie viele PDCA Zyklen Sie abgeschlossen haben.

## **Szenario 3: Wertstrom-Management**

### *Szene 1: PDCA-Feed einsehen*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

2. Loggen Sie sich mit folgenden Nutzerdaten als Manager ein:
  - **Nutzername:** manager@dummy.de
  - **Passwort:** kvp4all
3. Navigieren Sie auf die Home/ PDCA-Feed Seite und machen Sie sich ein Bild der aktuell laufenden PDCA-Zyklen.

4. Betrachten Sie das Nutzerprofil eines Mitarbeiters, der im Feed aufgeführt wird.

*Szene 2: Wertstromziele verwalten*

*Startereignis: Der Wertstrom der Prozesslernfabrik CIP wurde angelegt*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Legen Sie ein neues Wertstromziel für einen beliebigen Wertstrom an.
2. Rufen Sie anschließend die Details des Wertstroms *Prozesslernfabrik-Wertstrom* auf und editieren Sie die Beschreibung des Ziels.
3. Legen Sie ein weiteres Wertstromziel für den *Prozesslernfabrik-Wertstrom* an.

*Szene 3: Statistiken*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Vergleichen Sie die Anzahl durchgeführter PDCA-Zyklen der verschiedenen Teams.

#### **Szenario 4: Administrator**

*Szene 1: Nutzerverwaltung*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Loggen Sie sich mit folgenden Nutzerdaten als Administrator ein:
  - Nutzername: admin@dummy.de
  - Passwort: kvp4me
2. Rufen Sie die Nutzerverwaltungs-Administration auf und erteilen Sie dem Nutzer *Usability Tester* die Nutzerrolle *Coach*.
3. Ändern Sie das Passwort des Admins auf *kvp4all*.
4. Löschen Sie abschließend den Nutzer *Usability Tester*.

*Szene 2: B&R APROL-Daten bereitstellen*

*Gerät: Tablet oder interaktives Whiteboard*

1. Legen sie einen neuen API Verweis für einen Prozesswert an, mit folgenden Daten:
  - Name/Beschreibung: Zykluszeit Arbeitsplatz 2 und Arbeitsplatz 3
  - Wertstrom: Bosch-Rexroth Zylinder
  - Einheit: s
  - API-Links: <http://aprolcip.ptw-darmstadt.de:5555/live/zz/ap2> und <http://aprolcip.ptw-darmstadt.de:5555/live/zz/ap3>
2. Überprüfen Sie in der Übersicht, ob die Daten erfolgreich von der APROL-API

abgerufen werden (filtern Sie hierfür die Tabelle so, damit nur der API-1 Wert angezeigt wird. Anschließend filtern Sie die Tabelle so, dass alle Werte des Bosch-Rexroth Zylinder-Wertstroms angezeigt werden).

3. Loggen Sie sich abschließend aus dem KVP Board aus.

Nach jeder Szene wird eine Bewertung durch die Experten nach der Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Individualisierbarkeit, Lernförderlichkeit und weiteren Anmerkung/ Bugs vorgenommen.

#### A.10 Ergebnisse der Nutzstudien mit dem Prototyp und digitalen KVP-Board

**Tab. 24: Erste Iteration (Prototyp) [JÄGE16]**

<b>Nr.</b>	<b>Kernprozess</b>	<b>Identifiziertes Problem</b>	<b>Lösung</b>
1.1	Allgemein	Aufwendige Navigation	Einfache Navigationsstruktur mit einer zentralen Menüleiste
1.2	Allgemein	Zu viele Schaltflächen	Zu verändernde Elemente direkt anklickbar machen
1.3	Allgemein	Fehlende analoge Formblätter sorgen für Unklarheit über den Ablauf der KVP-Methodik	Beginn des nächsten Tests mit einem Einführungsszenario zum Vorstellen der Abläufe und Rollen
1.4	Allgemein	Neue Funktionen können nur vom Startbildschirm aus aufgerufen werden	Siehe 1.1
1.5	Allgemein	Keine Individualisierbarkeit möglich	Durchführung des nächsten Tests mit einem funktionalen KVP-Board
1.6	Prozessverbesserung	Zu viele Elemente pro Schritt im PDCA-Zyklus	Reduzierung der Elemente pro Schritt im PDCA
1.7	Hardware	Interaktives Whiteboard reagiert zu langsam auf Benutzereingaben	Verwendung eines anderen interaktiven Whiteboards mit anderer Eingabetechnik beim nächsten Test

Tab. 25: Zweite Iteration (digitales KVP-Board) [HEIM18]

Nr.	Kernprozess	Identifiziertes Problem	Lösung
2.1	Allgemein	Formularüberschriften zu klein	Formularüberschriften standardmäßig einheitlich vergrößern
2.2	Allgemein	Eingeblendete Informationsleiste wird zu schnell ausgeblendet	Informationsleiste neu gestaltet und längere Anzeige
2.3	Allgemein	Tabellen trotz Mouseover-Effekt nicht anklickbar	Mouse-Over entfernt
2.4	Allgemein	Kein Autofill bei Login-Formular möglich	Meta-Daten anpassen
2.5	Allgemein	Keine korrekte Beschriftung von Statistiken	Vollständig deutsche Beschriftung
2.6	Allgemein	Navigation unübersichtlich	Navigation auf Basis der Nutzerrollen
2.7	Coaching	Coaching: Logdatei unübersichtlich	Kommentarmodus
2.8	Prozessverbesserung	Do-Phase: Anordnung unübersichtlich	Neues Layout
2.9	Prozessverbesserung	PDCA Ablauf unklar	Tooltips einführen
2.10	Prozessverbesserung	Zielzustand kann allein durch Coachee abgeschlossen werden	Option für den Coach Zielzustand zurückzusetzen
2.11	Prozessverbesserung	Qualitative Kennzahlen Begriff unklar	Prozesseigenschaften
2.12	Prozessverbesserung	Coach-Rolle durch Coachee löschar	Im Backend validieren, im Frontend ausblenden für Coachee
2.13	Prozessverbesserung	Coachees mit unerlaubten Funktionen (können Wertströme löschen)	Überarbeitung des Wertstromfilters

Tab. 26: Dritte Iteration (digitales KVP-Board) [HEIM18]

Nr.	Kernprozess	Identifiziertes Problem	Lösung
3.1	Allgemein	Teilweise unnötige Detailansichten	Keine Details bei Prozesseigenschaften, APROL und Wertstromzielen
3.2	Allgemein	Feed-Einträge zu umfangreich und dadurch unübersichtlich	Kürzen durch Einführen von Symbolen und Icons
3.3	Coaching	Coaching kann nur durch Coachee gestartet werden	Anpassung der Zugriffsrechtverwaltung
3.4	Prozessverbesserung	Allgemeiner Prozessablauf zum Anlegen von Zielzuständen nicht ersichtlich	Zielzustand-Assistent

Tab. 27: Vierte Iteration (digitales KVP-Board) [HEIM18]

Nr.	Kernprozess	Identifiziertes Problem	Lösung
4.1	Allgemein	Verfügbarkeit der B&R APROL-Live-Kennzahlen für Prozesseigenschaft Ist-Werte	APROL-Schnittstelle einbinden
4.2	Allgemein	Tabellenzeilen nicht klickbar	Klickbare Tabellenzeilen
4.3	Prozessverbesserung	Stoppuhrfunktion in Do-Phase fehlt	Stoppuhr implementieren
4.4	Nutzerverwaltung	Keine Kontrollfrage beim Löschen von Nutzern	Kontrollfrage ergänzen

## A.11 Finales Pflichtenheft für das digitale KVP-Board

Tab. 28: Pflichtenheft

Nr.	Name	Inhalt	Lastenheft-Nr.
PH1	Nutzerrollen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drei Hauptbenutzerrollen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wertstrom-Management</li> <li>○ Coach</li> <li>○ Coachee</li> </ul> </li> <li>▪ Administrator zur Verwaltung der Datenbestände und Benutzer</li> <li>▪ Beziehung der Rollen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wertstrom-Management:Coach → 1:n</li> <li>○ Coach:Coachee → 1:n</li> </ul> </li> </ul>	L1
PH2	Oberflächen-gestaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Folgen der Gestaltungskriterien nach DIN EN ISO 9241-110</li> <li>▪ Nutzerabhängige Filterung der Daten</li> </ul>	L2
PH3	System-Zugriff	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Web-Applikation mit RUBY ON RAILS</li> <li>▪ Responsive Design für Zugriff von PC, interaktivem Whiteboard, Tablet und Smartphone</li> </ul>	L3
PH4	Ziel-gerichtetes Wissensmanagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Darstellung der KVP-Aktivitäten in einem PDCA-Feed <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Status der PDCA</li> <li>○ Ist- und Zielzustand</li> <li>○ Ergebnis der Experimente</li> <li>○ Verbesserung</li> </ul> </li> <li>▪ Zugriff für eingeloggte und nicht-eingeloggte Benutzer</li> <li>▪ Suchfunktionen nach <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Benutzern</li> <li>○ Prozessen</li> <li>○ Kennzahlen</li> <li>○ KVP-Aktivitäten</li> </ul> </li> <li>▪ Freigabefunktion der Daten durch die Beschäftigten</li> </ul>	L4

PH5	Digitaler KVP-Assistent und Datenspeicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Assistenzfunktion mit Zugriff durch               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zielzustand-Erstellung durch Coach</li> <li>○ PDCA-Zyklus durch Coachee</li> <li>○ Coaching-Assistenz durch Coach und Coachee</li> </ul> </li> <li>▪ Speichern in zentraler Datenbank bei jedem Schritt der Assistenten               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Inhalt Wertstromziele</li> <li>○ Zielzustand bearbeitet durch</li> <li>○ Aktuelles Hindernis</li> <li>○ Lösungshypothese</li> <li>○ Experiment</li> <li>○ Ergebnis Experiment</li> <li>○ Erfolg Zielzustand</li> <li>○ Coaching-Anfrage gestellt durch</li> <li>○ Inhalt des Coachings</li> <li>○ Termin und nächster Termin des Coachings</li> </ul> </li> </ul>	L5
PH6	Visualisierung der KVP-Leistungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Darstellung von KVP-Statistiken, Zugriff dabei jeweils auf eigene Daten (Coachee), zugeordnete Coachees (Coach) bzw. gesamtes System (Management)               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Anzahl erfolgreicher PDCA-Zyklen pro Anzahl der PDCA-Zyklen</li> <li>○ PDCA-Zyklen pro Tag/ Woche/ Montag</li> <li>○ Anzahl Tage für aktuellen PDCA-Zyklus</li> <li>○ Benutzerstatistiken</li> </ul> </li> <li>▪ Visualisierung der Kennzahlenveränderung nach einem (nicht) erfolgreichen PDCA-Zyklus</li> </ul>	L6



---

PH7	Daten aus dem Produktionsprozess	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Quantitative Prozesseigenschaften<ul style="list-style-type: none"><li>○ Automatisches Auslesen per REST-Schnittstelle aus B&amp;R APROL-System</li><li>○ Manuelles Eintragen mit Assistenzunterstützung (Stoppuhr für Zykluszeiten)</li><li>○ Manuelles Eintragen ohne Assistenzunterstützung (Freitexte)</li></ul></li><li>▪ Qualitative Prozesseigenschaften<ul style="list-style-type: none"><li>○ Hochladen von Bildern und Videos</li><li>○ Manuelles Eintragen ohne Assistenzunterstützung (Freitexte)</li></ul></li><li>▪ Wertstromziele, Zielzustände und PDCA-Zyklen greifen auf Prozesseigenschaften zu</li></ul>	L7, L8
-----	----------------------------------	--	--------

---

PH8	Ableitung von Zielen	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Anlegen und Verwalten von Wertstromzielen durch das Wertstrom-Management</li><li>▪ Ableiten von Zielzuständen durch einen Coach von einem Wertstromziel</li></ul>	L8
-----	----------------------	---	----

---

## A.12 Usability-Fragebogen für H1

Tab. 29: Usability-Fragebogen für H1 [MIN18]

Grundsätze der Dialoggestaltung	Die Software ...	--	-	0	+	++	Die Software ...
Aufgabenangemessenheit	ist kompliziert zu bedienen						ist unkompliziert zu bedienen.
Aufgabenangemessenheit	bietet nicht alle Funktionen, um die anfallenden Aufgaben effizient zu bewältigen.						bietet alle Funktionen, um die anfallenden Aufgaben effizient zu bewältigen.
Aufgabenangemessenheit	erfordert überflüssige Eingaben						erfordert keine überflüssigen Eingaben.
Selbstbeschreibungsfähigkeit	bietet einen schlechten Überblick über ihr Funktionsangebot.						bietet einen guten Überblick über ihr Funktionsangebot.
Selbstbeschreibungsfähigkeit	verwendet schlecht verständliche Begriffe, Bezeichnungen, Abkürzungen oder Symbole in Masken und Menüs.						verwendet gut verständliche Begriffe, Bezeichnungen, Abkürzungen oder Symbole in Masken und Menüs.
Steuerbarkeit	ermöglicht keinen leichten Wechsel zwischen einzelnen Menüs oder Masken.						ermöglicht einen leichten Wechsel zwischen einzelnen Menüs oder Masken.
Steuerbarkeit	erzwingt unnötige Unterbrechungen der Arbeit.						erzwingt keine unnötigen Unterbrechungen der Arbeit.
Erwartungskonformität	lässt einen im Unklaren darüber, ob eine Eingabe erfolgreich war oder nicht.						lässt einen nicht im Unklaren darüber, ob eine Eingabe erfolgreich war oder nicht.
Erwartungskonformität	reagiert mit schwer vorhersehbaren Bearbeitungszeiten.						reagiert mit gut vorhersehbaren Bearbeitungszeiten.
Fehlertoleranz	informiert zu spät über fehlerhafte Eingaben.						informiert sofort über fehlerhafte Eingaben.
Fehlertoleranz	liefert schlecht verständliche Fehlermeldungen.						liefert gut verständliche Fehlermeldungen.
Lernförderlichkeit	erfordert viel Zeit zum Erlernen.						erfordert wenig Zeit zum Erlernen.
Lernförderlichkeit	erfordert, dass man sich viele Details merken muss.						erfordert nicht, dass man sich viele Details merken muss.

## A.13 Problemtransformationstabelle für H2

**Tab. 30: Problemtransformationstabelle mit den Verhaltensankern der Handlungen**<sup>69</sup>

Problem	CiP/ Praxis	Handlung/ Wissen/ Potential	Problemhandlung (V1)	Fehlhandlung (V2)	Fehlhandlung (V3)	Optimalhandlung (V4)
P1	CiP	P1 <sub>Wiss</sub>				
P2	Praxis	P2 <sub>Pot</sub>				
P3	CiP	P3 <sub>Hand</sub>	C gibt Lösungen vor	C versucht seinen Lösungsvorschlag durchzusetzen	C gibt Anweisung Lösungshypothese aufzustellen	C fragt CC wie die Lösungshypothese lautet
	Praxis	P4 <sub>Pot</sub>				
P4	CiP	P4 <sub>Hand</sub>	CC beginnt Verbesserungsprozess ohne Rücksprache mit C	C und CC kommunizieren lediglich Ziele	C und CC kommunizieren außerhalb der Coachingroutine	C und CC kommunizieren entlang der Coachingroutine
	CiP	P5 <sub>Hand1</sub>	CC schiebt Probleme auf	CC sammelt Problematiken in Maßnahmenliste	CC führt mehrere Maßnahmen zusammen durch	Jedes Problem wird direkt und einzeln behandelt
P5	CiP	P5 <sub>Hand2</sub>	CC kann Ist-Zustand nicht bestimmen und stellt dennoch eine Lösungshypothese auf		CC befragt Werker nach Hindernis, nimmt aber keine Daten selbstständig auf und stellt eine Lösungshypothese auf	Stellt Lösungshypothese erst auf, nachdem Hindernis selbstständig unter Einbeziehung des Werkers aufgenommen wurde
	CiP	P5 <sub>Hand3</sub>	CC führt kein Experiment durch, sondern setzt eine Lösung direkt um	In Experimentphase werden mehrere Lösungen gleichzeitig getestet	CC führt Experiment selbst durch und testet nur eine Lösung	Im Experiment wird eine Lösung vom Werker getestet
	Praxis	P5 <sub>Pot</sub>				
P6	Praxis	P6 <sub>Pot</sub>				
	CiP	P7 <sub>Hand1</sub>	C fragt nach was er als nächstes machen soll	C wendet Coachingroutine nicht an	C fragt nach richtiger Reihenfolge in der Coachingroutine	C führt Coachingroutine richtig aus
P7	CiP	P7 <sub>Hand2</sub>	CC fragt nach was er als nächstes machen soll	CC handelt in der falschen Reihenfolge im PDCA	CC fragt nach in welcher Reihenfolge im PDCA er handeln soll	CC führt Verbesserungsroutine in der richtigen Reihenfolge aus
	CiP	P8 <sub>Hand</sub>	PDCA wird durchgeführt, aber KVP-Formblatt/ KVP-Board nicht verwendet	KVP-Formblatt/ dig. KVP Board auf Anweisung ausgefüllt	KVP-Formblatt/ dig. KVP Board wird nur teilweise / nicht nachvollziehbar ausgefüllt / Formblatt Inhalt nachgetragen	KVP-Formblatt/ dig. KVP Board wird bei der Verbesserungsroutine selbstständig, vollständig und vor der nächsten Verbesserungsroutine ausgefüllt
P8	Praxis	P8 <sub>Pot1</sub>				
	Praxis	P8 <sub>Pot2</sub>				
	Praxis	P8 <sub>Pot3</sub>				
P9	Praxis	P9 <sub>Pot</sub>				
P10	CiP	P10 <sub>Hand</sub>	C gibt keine strategischen Ziele vor	C gibt Ziele vor, definiert aber keine Zuständigkeiten	Heruntergebrochene Ziele sind für CC unvollständig/ unklar	Zielzustand ist vollständig (Zuständigkeiten, strategische Ziele, verständlich für CC)
	Praxis	P10 <sub>Pot</sub>				
P11	Praxis	P11 <sub>Pot</sub>				

## A.14 Wissenstest für das KVP-Lernmodul

*Sachwissen:*

Nennen Sie die vier grundlegenden Ziele des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP). (Kreuzen Sie maximal 2 Antworten an)

- ☐ Das Produktvolumen steigern
- ☐ Auf Abweichungen reagieren
- ☐ Die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern stärken
- ☐ Die Produktivität steigern
- ☐ Prozess weiterentwickeln

Wofür stehen die Buchstaben im Kürzel *PDCA*? (Kreuzen Sie maximal eine Antwort an)

- ☐ Produce, Dictate, Check, Access
- ☐ Plan, Direct, Control, Act
- ☐ Plan, Do, Check, Act
- ☐ Produce, Do, Control, Access
- ☐ Plan, Direct, Check, Act

Ordnen Sie diese typische Tätigkeiten den vier Phasen des PDCA-Zyklus bezogen auf KVP zu. Schreiben Sie vor die jeweilige Tätigkeit P, D, C oder A.

- \_\_\_ Lösung aufstellen
- \_\_\_ Abgleich Ist-/Soll-Zustand
- \_\_\_ Möglicher Übertrag auf andere Arbeitsplätze
- \_\_\_ Ergebnisse der neuen Ist-Analyse mit dem Zielzustand abgleichen
- \_\_\_ Lösungsvorschlag erproben
- \_\_\_ Übernahme in einen neuen Standard (z.B. Arbeitsstandard)
- \_\_\_ Problem analysieren
- \_\_\_ Experiment durchführen
- \_\_\_ Maßnahmen, Verantwortlichkeiten und Termin definieren
- \_\_\_ Bewerten, ob die Weiterentwicklung nachhaltig erreicht wurde
- \_\_\_ Hypothese zur Prozessverbesserung aufstellen

---

<sup>69</sup> In der Tab. 30 werden die Abkürzungen C (Coach) und CC (Coachee) verwendet.

Der Coach-Coachee-Dialog wird vom Coach mit Hilfe von fünf Fragen geführt. Wie lauten diese in der richtigen Reihenfolge?

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)

*Prozesswissen:*

Sie sollen einen Prozess verbessern und haben dafür ein Experiment durchgeführt, welches fehlgeschlagen ist. Wie gehen Sie weiter vor? (Kreuzen Sie maximal 2 Antworten an)

- ☐ Dokumentation des Ergebnisses des Experiments in dem Zielzustand, um festzuhalten, dass eine Verbesserung auf diese Art und Weise nicht erfolgen kann.
- ☐ Neustart des PDCA Zyklus und alternative Lösungshypothese verwenden.
- ☐ Variierung und Wiederholung des vorhergehenden Experiments bis dieses erfolgreich ist.
- ☐ Neustart des PDCA-Zyklus und alternative Lösungshypothese verwenden (in Absprache mit der Führungskraft).
- ☐ Abweichen von PDCA, da dieser fehlgeschlagen ist, um alternative Lösungsmethode zu verwenden (zum Beispiel den DMAIC-Zyklus).

*Begründungswissen:*

Warum ist es wichtig immer nur einen Verbesserungsvorschlag (Lösungshypothese) durch ein Experiment zu überprüfen? (Kreuzen Sie maximal 2 Antworten an)

- ☐ Die Experimente sollten wegen Aufwand für die Produktion möglichst eins nach dem anderen erfolgen.
- ☐ Nur so ist sichergestellt, dass die Verbesserung auch tatsächlich einer konkreten Maßnahme zugeordnet werden kann.
- ☐ Meist führt schon eine Maßnahme zur Lösung des konkreten Problems.  
„Schlechte“ Maßnahmen können „gute“ überdecken und das Maßnahmenbündel somit insgesamt als negativ darstellen, obwohl sich einzelne Maßnahmen durchaus positiv ausgewirkt hätten.

Warum sollen Prozessbeteiligte an der Verbesserung der Produktion teilnehmen? (Antworten Sie in maximal 5 stichpunktartigen Antworten)

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)

Warum ist die Zusammenarbeit zwischen Führungskraft und Mitarbeiter für den KVP wichtig? (Kreuzen Sie maximal 2 Antworten an)

- Der Mitarbeiter muss bei der kontinuierlichen Verbesserung von Prozessen
- ☐ durch seine Führungskraft gecoacht werden. Diese unterstützt und fördert ihn bei auftretenden Hindernissen.
- Die Mitarbeiter benötigen die Führungskräfte damit diese Ihnen mitteilen in
- ☐ welchem Bereich Verbesserungen notwendig sind. Die Mitarbeiter setzen diese dann nach Anwendung.
- Die Führungskraft darf die Verbesserung nicht selbstständig umsetzen und
- ☐ muss diese vom Mitarbeiter einfordern.
- Führungskräfte haben idealerweise genaue Vorstellungen was genau in wel-
- ☐ chem Bereich verbesserungswürdig ist und muss diese Ideen den Mitarbeitern als Aufgabe geben.
- Die Mitarbeiter handeln im KVP-Prozess selbstständig und benötigen idealty-
- ☐ pisch keine Anweisungen seitens von Führungskräften. Diese werden nur über die Resultate in Kenntnis gesetzt.

Warum ist ein Zielzustand im KVP notwendig? (Kreuzen Sie maximal 2 Antworten an)

- ☐ Dieser gibt einen klaren Endzustand vor an dem sich der KVP orientieren kann.
- ☐ Ein Zielzustand ist im KVP nicht notwendig, weil ein Zielzustand der Idee einer kontinuierlichen Verbesserung klar widerspricht.
- ☐ Sonst kommt es zu Veränderungen, die nur zufällig Verbesserungen sind.
- ☐ Veränderungen können auch ohne Zielzustand getätigt werden. Nur das Ergebnis ist wichtig.

*Bezugswissen:*

Welche Rahmenbedingungen müssen im Unternehmen für erfolgreiche Verbesserungsprozesse erfüllt werden? (Kreuzen Sie maximal 7 Antworten an)

- ☐ Kapazität für Prozessverbesserung bereitstellen.
- ☐ Umsetzung der Verbesserungen in kurzen strukturierten Zyklen.
- ☐ Belohnungssystem für sinnvolle KVP-Vorschläge.
- ☐ Die Einbindung der direkt am Prozess beteiligten Mitarbeiter spielt eine untergeordnete Rolle.
- ☐ Führen des KVP vor Ort (Genchi Genbutsu).
- ☐ Verankern des KVP in der Zielvereinbarung der Mitarbeiter.
- ☐ KVP auf freiwilliger Vorschlagsbasis etablieren.
- ☐ Finanzielle Mittel zur Umsetzung von Lösungen zur Verfügung stellen.
- ☐ Implementierung des KVP durch Führungskräfte.
- ☐ KVP Maßnahmen müssen durch ein Projektteam geplant und durch einen Projektplan unterstützt werden.
- ☐ Lösungen sollten immer nur mit bereits verfügbaren Mitteln umgesetzt werden.
- ☐ Ein erfolgreicher KVP-Ablauf bedarf keiner besonderen Aufmerksamkeit seitens von Führungskräften.
- ☐ Durchführung von Weiterbildungsmaßnahmen für, mit Prozessverbesserungen betrauten, Mitarbeitern.
- ☐ Im Betrieb muss ein strenges Abteilungsdenken etabliert sein.
- ☐ Umfassende Lösungen mit langen Umsetzungshorizont müssen schnell umsetzbaren Lösungen vorgezogen werden.

**Tab. 31: Fragebogen für die theoretische Potentialbefragung [MIN18]**

Nr.	Bewertungsaspekte	KVP- Formblatts	Digitalen KVP- Boards			Bemerk- ung
			++	+	0	
P2 <sub>Pot</sub>	Die Mitarbeiter können Verbesserungsrouitinen besser entwickeln unter Verwendung des...					
P4 <sub>Pot</sub>	Coach und Coachee kommunizieren besser unter Verwendung des...					
P5 <sub>Pot</sub>	Die Ursachenanalyse und Problemlösung erfolgt schneller durch die Verwendung von...					
P6 <sub>Pot</sub>	Der KVP kann besser vereinheitlicht und standardisiert werden unter Verwendung des...					
P8 <sub>Pot1</sub>	Der KVP kann im Unternehmen besser verbreitet werden unter Verwendung des...					
P8 <sub>Pot2</sub>	Der Lernfortschritt der Mitarbeiter ist größer unter Verwendung des...					
P8 <sub>Pot3</sub>	Die Benutzerfreundlichkeit des KVP-Systems ist besser bei Verwendung des...					
P9 <sub>Pot</sub>	Der Erfolg von KVP Maßnahmen kann besser gemessen/ dargestellt werden durch die Verwendung des...					
P10 <sub>Pot</sub>	Strategische Ziele können besser erreicht werden durch die Verwendung des...					
P11 <sub>Pot</sub>	Der Aufwand für den Aufbau und die Pflege der KVP-Infrastruktur ist geringer bei Einführung des...					